

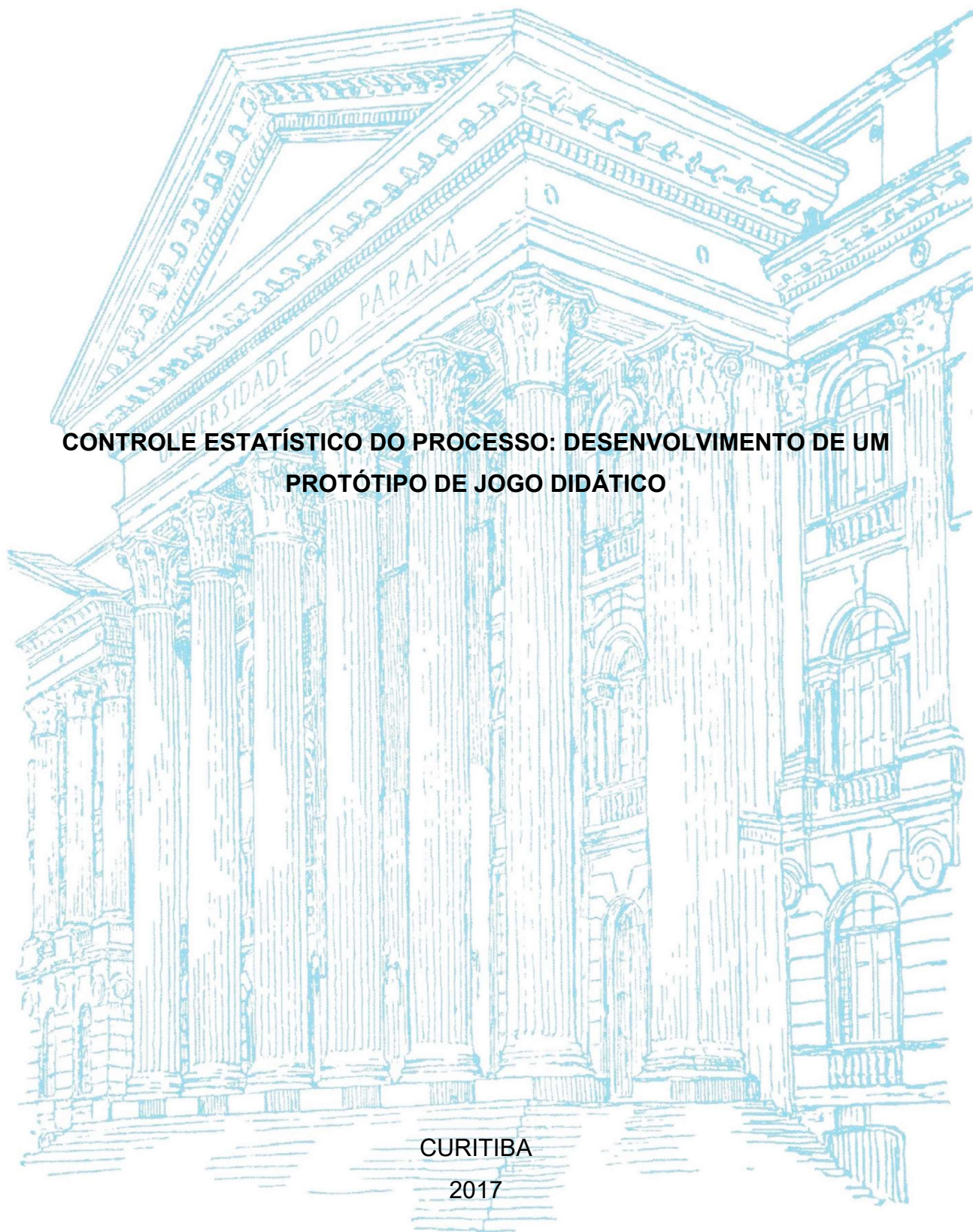
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

MARCELLE ZACARIAS SILVA TOLENTINO BEZERRA

**CONTROLE ESTATÍSTICO DO PROCESSO: DESENVOLVIMENTO DE UM
PROTÓTIPO DE JOGO DIDÁTICO**

CURITIBA

2017



MARCELLE ZACARIAS SILVA TOLENTINO BEZERRA

**CONTROLE ESTATÍSTICO DO PROCESSO: DESENVOLVIMENTO DE UM
PROTÓTIPO DE JOGO DIDÁTICO**

Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre em Engenharia de Produção, no Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Setor de Tecnologia, da Universidade Federal do Paraná.

Orientadora: Profa. Dra. Sonia Isoldi Marty Gama
Müller

CURITIBA

2017

B574c

Bezerra, Marcelle Zacarias Silva Tolentino
Controle estatístico do processo: desenvolvimento de um protótipo de jogo didático / Marcelle Zacarias Silva Tolentino Bezerra. – Curitiba, 2017.
87 f. : il. color ; 30 cm.

Dissertação - Universidade Federal do Paraná, Setor de Tecnologia,
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, 2017.

Orientador: Sonia Isoldi Marty Gama Müller
Bibliografia: p. 65-68.

1. Controle do Processo – Métodos estatísticos. 2. Jogos educativos. 3. Tecnologia e educação. 4. Sistemas tutoriais inteligentes. I. Universidade Federal do Paraná. II. Müller, Sonia Isoldi Marty Gama. III. Título.

CDD: 658.562



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO,
Setor TECNOLOGIA
Programa de Pós-Graduação ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em ENGENHARIA DE PRODUÇÃO da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da dissertação de Mestrado de **MARCELLE ZACARIAS SILVA TOLENTINO BEZERRA** intitulada: **CONTROLE ESTATÍSTICO DO PROCESSO: DESENVOLVIMENTO DE UM PROTOTIPO DE JOGO DIDÁTICO**, após terem inquirido a aluna e realizado a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua Aprovação.

Curitiba, 22 de Fevereiro de 2017.


SONIA ISOLDI MART/GAMA MULLER
Presidente da Banca Examinadora (UFPR)

PAULO AFONSO BRAGA PINHEIRO COSTA
Avaliador Externo (UFPR)

ROBSON SELEME
Avaliador Interno (UFPR)


ARINEI CARLOS LINDBECK DA SILVA
Avaliador Interno (UFPR)

Dedico este trabalho a todos que
direta ou indiretamente contribuíram com
meu desenvolvimento acadêmico e
profissional.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por me proporcionar tais conquistas.

Agradeço a orientadora Prof^a Dra. Sonia Marty Isoldi Gama Müller pelo apoio, parceria e firmeza em suas orientações que proporcionaram o desenvolvimento desta dissertação.

Agradeço ao meu marido, Maikon, por ter me apoiado e entendido todos os momentos de isolamento e euforia durante o mestrado.

Agradeço a minha família por todo o suporte que me deu para que esta conquista fosse possível.

Agradeço aos professores Érica Takano Natti, Fernando Bergamasco e Leonimer de Mello que contribuíram imensamente na minha graduação, me incentivando a buscar os meus sonhos e investir em uma carreira acadêmica que se inicia com esta conquista.

RESUMO

A tecnificação do trabalho, advinda da globalização, torna o mercado de trabalho mais competitivo e exigente de qualificações e habilidade técnicas bem desenvolvidas. Para atender a estas exigências tem-se a opção de inserção da tecnologia, no ensino superior e treinamentos, no desenvolvimento de ferramentas que simulem situações reais dentro de sala de aula com o objetivo de otimizar o conhecimento teórico. Na área de Engenharia de Produção, uma das mais importantes técnicas utilizadas é o Controle Estatístico do Processo composto por diversas ferramentas que podem ser utilizadas na busca de melhor desempenho e qualidade nos processos produtivos. Portanto, esta dissertação trata do desenvolvimento do protótipo de um jogo didático para otimização do conhecimento teórico de Controle Estatístico do Processo com o apoio das técnicas de *design* instrucional e gamificação. O protótipo foi desenvolvido de acordo com as etapas da metodologia de desenvolvimento de *software* e avaliado por discentes do curso de Engenharia de Produção através de resposta a um questionário de avaliação de jogos educacionais. Após a avaliação concluiu-se que a gamificação do ensino é uma boa alternativa para tornar o ensino mais dinâmico e tecnológico e que o protótipo desenvolvido teve avaliação positiva quanto a motivação e aprendizagem, necessitando de estudos e melhorias na experiência do usuário, principalmente nos quesitos de interação e imersão.

Palavras-chave: *Design* Instrucional. Controle Estatístico do Processo. Gamificação.

ABSTRACT

The job technification, coming from globalization, makes the job market more competitive and demanding of well-developed skills and technical skills. In order to develop these requirements, one option is to insert technology in higher education and training, by the development of simulation tools that brings real situations in classroom, optimizing theoretical knowledge. In area of Industrial Engineering, one of the most important techniques used is Statistical Process Control composed of several tools that can be used in the search for better performance and quality in industrial processes. Therefore, this dissertation deals with didactic game prototype development to optimize theoretical knowledge of Statistical Process Control based on instructional design and gamification techniques. The prototype was developed according to stages of software development methodology and evaluated by students of Industrial Engineering course through a survey that evaluate educational games. After the evaluation, it was concluded that gamification is a good alternative to make teaching more dynamic and technological and that the prototype developed had a positive evaluation in motivation and learning requirements, needing studies and improvements in user experience, mainly in interaction and immersion.

Key-words: Instructional Design. Statistical Process Control. Gamification.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – FLUXO DE PROCESSO.....	23
FIGURA 2 – PROCESSO EM CONTROLE	26
FIGURA 3 – PROCESSO COM CAUSA ESPECIAL	27
FIGURA 4 – DIAGRAMA DE CAUSA E EFEITO	32
FIGURA 5 – DIAGRAMA DE DISPERSÃO	43
FIGURA 6 – POSSÍVEIS PADRÕES DE DIAGRAMA DE DISPERSÃO	44
FIGURA 7 – FASES DE DESENVOLVIMENTO	51
FIGURA 8 – VISÃO GERAL.....	53
FIGURA 9 – FLUXOGRAMA.....	54
FIGURA 10 – TELA INICIAL	55
FIGURA 11 – HALL DO CENTRO DE TREINAMENTO	55
FIGURA 12 – INSTRUTOR.....	56
FIGURA 13 – QUESTÃO	56
FIGURA 14 – PONTUAÇÃO FINAL E CLASSIFICAÇÃO GERAL.....	57

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1 – HISTOGRAMA.....	29
GRÁFICO 2 – GRÁFICO DE PARETO.....	31
GRÁFICO 3 – GRÁFICO DE CONTROLE.....	34
GRÁFICO 4 – GRÁFICO CUSUM.....	40
GRÁFICO 5 – GRÁFICO EWMA.....	41
GRÁFICO 6 – MOTIVAÇÃO.....	58
GRÁFICO 7 – EXPERIÊNCIA.....	59
GRÁFICO 8 – APRENDIZAGEM.....	60
GRÁFICO 9 – FERRAMENTAS DO CEP.....	61
GRÁFICO 10 – SITUAÇÕES DE APLICAÇÃO DO CEP.....	61

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 – ATIVIDADES ESTRUTURAIS	51
---	----

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – DISTRIBUIÇÃO DE FREQUENCIA.....	29
TABELA 2 – DADOS GRÁFICO DE PARETO	30

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

- EAD - Ensino a Distância
- CEP - Controle Estatístico do Processo
- DI - *Design* Instrucional
- LC - Linha Central
- LSC - Limite Superior de Controle
- LIC - Limite Inferior de Controle
- GQS - *Software Quality Group*

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	JUSTIFICATIVA.....	14
1.1.1	Contribuição para Engenharia de Produção.....	15
1.2	OBJETIVOS	15
1.2.1	Objetivo Geral.....	15
1.2.2	Objetivos Específicos	15
1.3	DELIMITAÇÃO DO TRABALHO.....	16
1.4	ESTRUTURA DO TRABALHO	16
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	18
2.1	<i>DESIGN</i> INSTRUCIONAL	18
2.2	GAMIFICAÇÃO.....	20
2.2.1	Desenvolvimento de jogos didáticos.....	21
2.3	GESTÃO DA QUALIDADE	24
2.4	CONTROLE ESTATÍSTICO DO PROCESSO.....	25
2.4.1	Histograma	27
2.4.2	Gráfico de Pareto.....	30
2.4.3	Diagrama de causa e efeito e diagrama de defeito concentração.....	31
2.4.4	Gráficos de controle.....	33
2.4.5	Diagrama de dispersão.....	43
2.4.6	Folha de verificação.....	45
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	50
4	APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS	53
4.1	AVALIAÇÃO DO PROTÓTIPO.....	58
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	63
5.1	RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	64
	REFERÊNCIAS.....	65
	APÊNDICES	69
	ANEXOS	85

1 INTRODUÇÃO

A globalização gera avanços em todas as áreas, incluindo o ensino, no qual transformações são necessárias, pois uma grande quantidade de informações é recebida a todo momento pelo ser humano e a capacidade de absorver e aprender é sobrecarregada. A sobrecarga é mais intensa quando envolve a tecnificação, ou seja, exigência de qualificações e habilidades técnicas bem desenvolvidas, que gera uma competição entre os indivíduos.

A adaptação a estas exigências pode ser inserida no ensino superior e em treinamentos através do uso da tecnologia no desenvolvimento de ferramentas que simulam situações da realidade profissional dentro da sala de aula, com o objetivo de otimizar o conhecimento teórico.

Para esta inserção é necessário o desenvolvimento de novos modelos de ensino que rompem com a forma tradicional de ensino baseada na relação unidirecional docente – discente, no qual o docente é a figura ativa, que passa seu conhecimento e o discente a figura passiva que recebe esse conhecimento. Essa prática limita-se a sala de aula e ao tempo presente na instituição de ensino, conectada a atribuição de notas, aprovação ou reprovação, com avaliações pontuais e supervalorização da nota (VASCONCELLOS, 1999)

Nos novos modelos é necessário a participação ativa do discente e implantação de novas ferramentas de ensino baseadas na tecnologia e assim as instituições de ensino precisam desenvolver habilidades, explorar as potencialidades e repensar o modelo educacional, inserindo mudanças nos métodos, com novas tecnologias, e com o objetivo de desenvolver habilidades técnicas, de raciocínio lógico, de comunicação e de aprendizagem nos discentes (ARAUJO e OLIVEIRA NETO, 2009).

Para o desenvolvimento desses novos modelos de ensino podem ser utilizados técnicas de *Design* Instrucional (DI) que trabalham com as áreas de pedagogia, tecnologia e gestão no desenvolvimento da aprendizagem colaborativa e autônoma com a inserção de novas realidades e resolução de problemas, seja focado no ensino presencial, semipresencial ou EAD (Ensino a Distância).

Ferramentas podem ser desenvolvidas através do DI para que conhecimentos teóricos específicos sejam otimizados e habilidades desenvolvidas.

Nesta dissertação, a ferramenta de otimização do conhecimento teórico desenvolvida é focada no Controle Estatístico do Processo (CEP), ferramenta que monitora e controla a qualidade do processo produtivo, iniciada por Walter A. Shewhart em 1924, no qual o profissional tem a responsabilidade de resolver problemas através da aplicação de conhecimentos científicos refinando processos, produtos e projetos com coleta, apresentação e análise de dados que podem ser utilizados para melhorias, tomada de decisões, solução de problemas e planejamento de produtos e processos (MONTGOMERY e RUNGER, 2013).

Assim o discente ou profissional da área de Engenharia, para trabalhar nesta atividade, precisa do conhecimento teórico de CEP, juntamente com o conhecimento otimizado de como aplicar na vida real podendo ser utilizado o DI na gamificação do ensino com jogos didáticos (GRAMIGNA, 2000).

Os jogos didáticos são recomendados por estarem presentes em nossas vidas desde os primeiros anos da infância, de forma instrucional e motivadora e auxiliam na capacidade de retenção por estimular funções mentais e intelectuais, além de contribuir para o entendimento de regras e enfrentar incertezas e desafios, destacando-se a autonomia, criatividade, originalidade e a experimentação de situações simuladas (REIS, 2001).

Para tanto, esta dissertação trata do uso do DI na otimização do conhecimento teórico de CEP em sala de aula para discentes e profissionais da Engenharia, com o desenvolvimento do protótipo de um jogo didático e sua avaliação.

1.1 JUSTIFICATIVA

Para a otimização do ensino teórico de CEP em sala de aula surge como alternativa a inserção do DI com a gamificação, através de um jogo didático que aborda situações baseadas na realidade de forma lúdica.

Dentro deste contexto, esta dissertação se enquadra na Engenharia de Produção como um projeto de ensino da mesma, pautado em conhecimentos inerentes a este profissional e vastamente utilizado na prática. Justificando o uso

de jogos didáticos como apoio ao ensino de CEP e preparação do discente ou profissional para resolução de problemas que exigem seu uso.

1.1.1 Contribuição para Engenharia de Produção

Segundo a Associação Brasileira de Engenharia de Produção o engenheiro de produção deverá possuir competência para utilizar ferramental matemático e estatístico para modelar sistemas de produção e incorporar conceitos e técnicas da qualidade em todo o sistema produtivo, tanto nos seus aspectos tecnológicos quanto organizacionais, aprimorando produtos e processos e produzindo normas e procedimentos de controle e auditoria (ABEPRO, 2008).

Na formação deste profissional estes conceitos podem ser utilizados em diversas práticas pedagógicas que se enquadram na área 10. Educação em Engenharia de Produção, mais especificamente, na subárea 10.4. Práticas Pedagógicas e Avaliação Processo de Ensino-Aprendizagem em Engenharia de Produção. Este trabalho pretende contribuir para Engenharia de Produção com pesquisa, estudo e desenvolvimento de uma prática pedagógica, baseada na gamificação, com objetivo de otimizar o ensino teórico sobre CEP, uma das técnicas da qualidade.

1.2 OBJETIVOS

Nesta seção serão abordados os objetivos, geral e específicos, deste trabalho.

1.2.1 Objetivo Geral

Desenvolver e avaliar o protótipo de um jogo didático sobre CEP para apoio ao ensino em sala de aula.

1.2.2 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos do trabalho são:

- a) Analisar e selecionar as ferramentas de CEP abordadas no jogo;

- b) Definir a sequência lógica das ferramentas conforme o avanço do jogo;
- c) Definir os parâmetros do jogo;
- d) Gerar banco de dados com questões sobre CEP;
- e) Desenvolver o protótipo do jogo;
- f) Avaliar o protótipo do jogo.

1.3 DELIMITAÇÃO DO TRABALHO

Para a realização deste trabalho foram estabelecidas algumas restrições que delimitaram o escopo da pesquisa:

- 1) Na busca por *softwares* de desenvolvimento de jogos foi possível identificar que há vários *softwares* bastante avançados disponíveis no mercado, porém com alto custo de aquisição. O *software* gratuito, como o utilizado nesta dissertação, tem boa qualidade e várias ferramentas disponíveis, porém deixam a desejar em alguns requisitos, mas são constantemente atualizados para novas versões que incluem aos poucos novas ferramentas para um desenvolvimento mais detalhado e criterioso;
- 2) O jogo foi desenvolvido no Godot Engine, devido este ser um motor de jogos que permite o desenvolvimento em 2D e 3D para diversas plataformas e de modo inteiramente gratuito;
- 3) A avaliação do jogo foi realizada por amostragem intencional devido à necessidade de ser discentes que cursam a disciplina no semestre do estudo e que tenham bom rendimento no ensino teórico em sala de aula.

1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

O trabalho está estruturado em cinco capítulos, descritos a seguir. O primeiro capítulo apresenta uma contextualização aos temas abordados, a justificativa que deu origem ao trabalho, os objetivos geral e específicos da pesquisa e a delimitação do trabalho. O segundo capítulo apresenta a fundamentação teórica que possibilita identificar os temas abordados. O terceiro capítulo apresenta a metodologia de pesquisa e sua classificação quanto à

abordagem, natureza, objetivos e procedimentos. O quarto capítulo aborda o detalhamento do protótipo do jogo didático e sua avaliação e, o quinto capítulo apresenta as considerações finais e direcionamentos para pesquisas futuras.

2 REVISÃO DE LITERATURA

Nesta seção é apresentada a fundamentação teórica sobre os principais assuntos envolvidos neste trabalho, sendo estes, DI, gamificação, gestão da qualidade e CEP.

2.1 *DESIGN* INSTRUCIONAL

Para definição de DI é preciso, primeiramente, definir *design*, sendo este um resultado com forma, funcionalidade, propósitos e intenções definidas, assim, DI é definida por Filatro (2008, p. 3) como:

A ação intencional e sistemática de ensino que envolve o planejamento, o desenvolvimento e a aplicação de métodos, técnicas, atividades, materiais, eventos e produtos educacionais em situações didáticas específicas a fim de promover, [...], a aprendizagem humana (FILATRO, 2008, p. 3).

Com o DI é possível desenvolver materiais didáticos contextualizados e com aspectos diferenciados dos tradicionais, sendo estes (FILATRO e PICONEZ, 2004):

- a) Personalização ao estilo e ritmo individual de aprendizagem;
- b) Adaptação a instituição de ensino e região;
- c) *Feedback* constante;
- d) Acesso a informações e experiências externas a instituição de ensino;
- e) Comunicação entre os envolvidos;
- f) Monitoramento da construção individual e coletiva do conhecimento.

Para o desenvolvimento destes materiais didáticos e o planejamento do ensino-aprendizagem alguns princípios pedagógicos são utilizados, sendo estes (SILVA e CASTRO, 2009):

- a) Coerência entre objetivos de estudo e abordagem pedagógica;
- b) Contextualização de acordo com o público-alvo;
- c) Foco na formação e desenvolvimento de competências;
- d) Estímulo da autonomia dos discentes;
- e) Atribuição de significado ao que é ensinado;

- f) Incentivo ao construtivismo, ou seja, aprendizado pessoal;
- g) Abordagem crítica dos temas com incentivo a reflexão sobre o assunto.

Complementa Tractenberg (2016) que para produção de materiais de DI são indicadas cinco fases de estruturação que compõem o modelo de desenvolvimento conhecido como Modelo ADDIE:

- a) *Analysis* (Análise);
- b) *Design* (Planejamento);
- c) *Development* (Desenvolvimento);
- d) *Implement* (Implementação); e,
- e) *Evaluation* (Avaliação).

Na fase de análise deve ser identificado as necessidades, objetivos, restrições e perfil do discente. No planejamento deve ser definido como será o material de acordo com o tipo de curso, forma de avaliação, agrupamentos e motivações. Na terceira fase, o desenvolvimento, deve ser realizado a elaboração do material, documentos, procedimentos didáticos, hardware, software e treinamentos.

A penúltima fase, de implementação, é a disponibilização do material a discentes para testes e identificação da necessidade de ajustes e correções, como um projeto piloto e, por fim, a quinta fase, avaliação é a medição da eficiência do material, dividida em duas etapas, a formativa, realizada durante todas as fases e, a somativa, após a versão final, de modo iterativo e cíclico na busca contínua de melhoria da qualidade.

Assim, Macedo (2010) define quatro questões básicas de análise para início do Modelo ADDIE:

1. Para qual discente é o material?;
2. O que o discente deve aprender?;
3. Como o material será entendido?;
4. Como avaliar o aprendizado?.

Respondendo a estas questões deve se iniciar o desenvolvimento do material seguindo as etapas do modelo baseando-se nas informações obtidas. Portanto, com o estudo focado e bem delineado, de acordo com as características do público-alvo e suas necessidades, é possível construir um

material bem elaborado e que atende as expectativas dos discentes e atinge os objetivos traçados inicialmente.

2.2 GAMIFICAÇÃO

Cada vez mais o perfil dos discentes exige o uso da tecnologia para aprendizagem e motivação, sendo que o DI pode contribuir para a inserção desta no ensino presencial. Para isto temos o ensino híbrido que mescla ensino presencial com ensino online, com a proposta de maior engajamento do discente, ampliação da ação educativa, planejamento personalizado, experiências de aprendizagem diferenciadas e aproximação com o cotidiano do discente (EDTOOLS, 2016).

Pensando no ensino de engenharia e as diversas ferramentas estudadas durante o ensino superior, uma opção para o sistema híbrido é a gamificação com o objetivo de promover interesse e motivação nos discentes, bem como desafiá-los na resolução de problemas, em sua maioria, vinculados ao cotidiano atual ou ao cotidiano que enfrentará como profissional.

O conceito de gamificação [...] se constitui na utilização da mecânica dos games em cenários non games [...] que potencializam o desenvolvimento de habilidades cognitivas (planejamento, memória, atenção, entre outros), habilidades sociais (comunicação, assertividade, resolução de conflitos interpessoais, entre outros) e habilidades motoras (ALVES, MINHO e DINIZ, 2014, p. 76).

Complementa Kapp (2012) que o uso destas habilidades em jogos influencia no engajamento e motivação do discente promovendo a aprendizagem através resolução de problemas.

Mas para o desenvolvimento destes jogos focados na aprendizagem alguns aspectos devem ser considerados para que não se tenha uma ferramenta meramente lúdica com ranqueamento, sendo estes aspectos (DETERDING et al, 2011):

- a) Narrativa;
- b) Valorização do aprendizado;
- c) Sistema de *feedback*;
- d) Aumento gradativo de dificuldade (níveis);
- e) Sistema de recompensas;

- f) Competitividade;
- g) Objetivos e regras claras;
- h) Estratégia;
- i) Tentativa e erro;
- j) Interatividade;
- k) Engajamento;
- l) Empatia;
- m) Diversão.

Assim, o uso de jogos contribui para a aprendizagem prática e desenvolvimento de habilidades e competências através da experimentação e da possibilidade de tentativa e erro sem prejuízos físicos, propondo desafios complexos, mas possíveis de serem superados com esforço do jogador, sendo um exercício motivador e que gera aprendizado atrelado ao processo de compreensão da situação através de textos, imagens e intuição, antes da tomada de decisão, enriquecido através de um *feedback* claro e significativo das tentativas e erros (GEE, 2007; SALEN e ZIMMERMAN, 2004).

2.2.1 Desenvolvimento de jogos didáticos

O desenvolvimento de jogos segue a metodologia de desenvolvimento de programas que permitem realizar atividades específicas (*softwares*) que segundo Pressman (2011, p. 32) consiste em:

- 1) Instruções (programas de computador) que quando executadas, fornecem características, funções e desempenho desejados;
- 2) Estruturas de dados que possibilitam aos programas manipular informações adequadamente;
- 3) Informação descritiva, tanto na forma impressa como na virtual, descrevendo a operação e o uso dos programas.

O autor considera algumas características específicas de um *software*, sendo que este é desenvolvido e passa por um processo de engenharia, não se desgasta com males ambientais, e, em sua maioria, são construídos sob encomenda, de forma personalizada.

Ainda segundo o autor, os *softwares* podem ser classificados como software de sistema que são feitos para atender outros *softwares*, de aplicação,

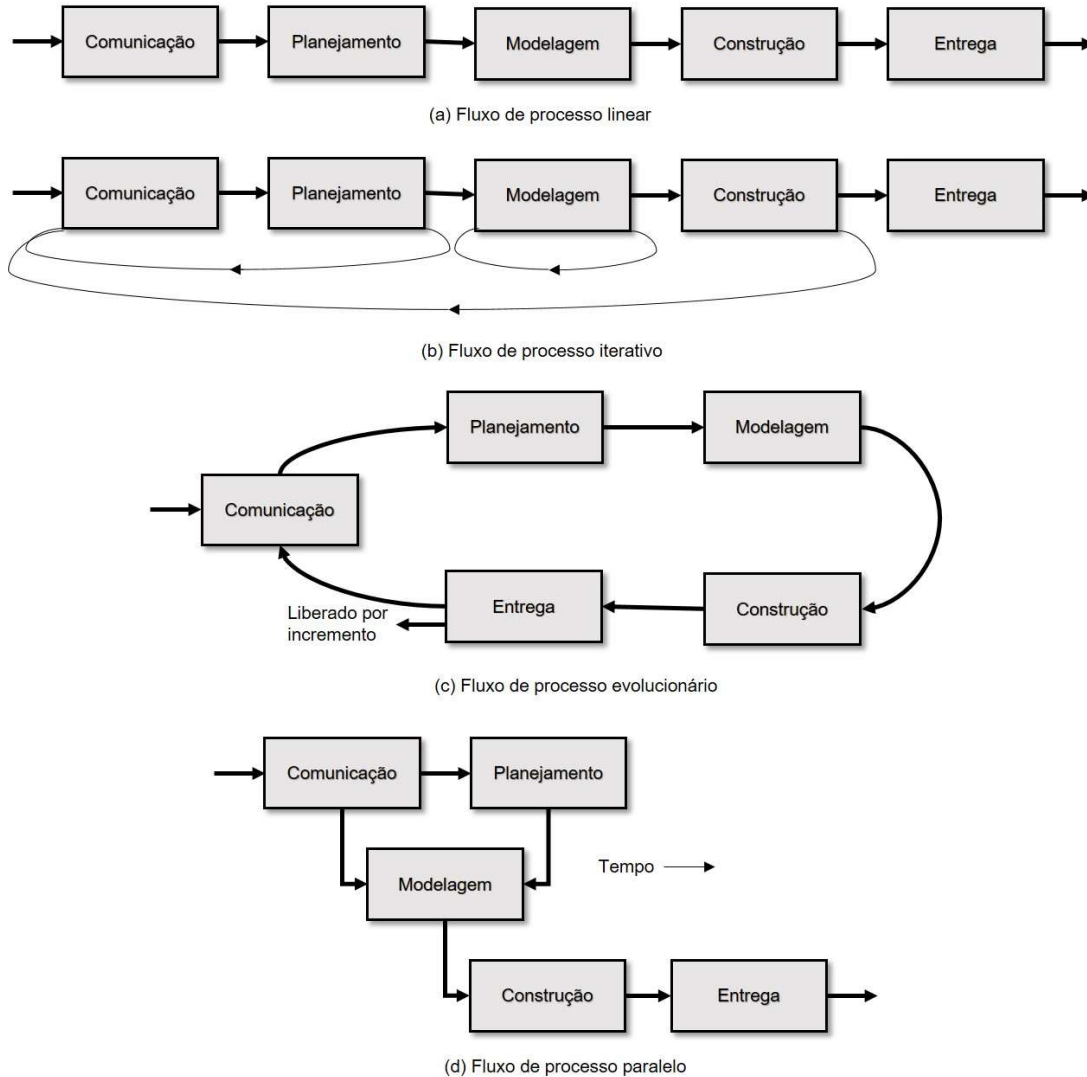
construído para uma necessidade específica, científico para aplicações científicas como astronomia, embutido para complementar um sistema, para linha de produtos usados por vários clientes diferentes, para a Web e de inteligência artificial com algoritmos não numéricos para solução de problemas complexos.

Para o desenvolvimento de um *software* existem seis fases que compõem o modelo clássico de ciclo de vida, são estas (SCHACH, 2010):

- 1) Levantamento de necessidades;
- 2) Especificação;
- 3) Projeto;
- 4) Implementação;
- 5) Pós entrega;
- 6) Retirada do produto.

Pressman (2011) apresenta as fases de desenvolvimento como comunicação, planejamento, modelagem, construção e entrega. O fluxo de processo, que determina as diferentes formas de desenvolvimento utilizando estas fases, pode ser linear, iterativo, evolucionário ou paralelo (FIGURA 1).

FIGURA 1 – FLUXO DE PROCESSO



FONTE: Pressman (2011, p. 54).

O fluxo de processo linear (a) ocorre em sequência desde a comunicação até a entrega. No fluxo de processo iterativo (b), utilizado nesta dissertação, há a interação constante entre comunicação, planejamento, modelagem e construção em um processo repetitivo com a realização de validações, até a fase de entrega que finaliza o processo. O fluxo de processo evolucionário (c) corresponde a um ciclo de desenvolvimento e melhoria contínua com a inserção de incrementos e o último, fluxo de processo paralelo (d) tem a integração das atividades de comunicação e planejamento na busca pela otimização do tempo de desenvolvimento.

2.3 GESTÃO DA QUALIDADE

Existem várias definições e conceitos de qualidade desde o início da discussão deste assunto na sociedade, em meados de 1800, porém a tradicional definição de qualidade considerada nesta pesquisa é a de Juran e De Feo (2010), um dos consultores que se destacou na recuperação da supremacia da qualidade pelo Japão na crise pós-guerra, sendo esta “adequação ao uso”, detalhada de forma indireta nos seguintes aspectos:

- a) Qualidade do projeto;
- b) Qualidade de pesquisa de mercado;
- c) Qualidade do conceito;
- d) Qualidade da especificação;
- e) Qualidade da conformação.

Outro ponto de vista mais detalhado, em relação as características do produto foram propostas por Garvin (1987) e Montgomery (2004) com oito dimensões para estas características, sendo:

- 1) Desempenho: o que se espera;
- 2) Confiabilidade: frequência de falha;
- 3) Durabilidade: tempo que irá durar;
- 4) Manutenibilidade: facilidade de reparo;
- 5) Estética: aparência;
- 6) Características: funcionalidade e diferencial;
- 7) Qualidade percebida: reputação da empresa e marca;
- 8) Conformidade com padrões: fidelidade ao projeto.

Sendo que para o controle de qualidade devem ser abordados três objetivos, conforme Falconi (2004):

- 1) Planejar a qualidade de acordo com os desejos dos clientes;
- 2) Manter a qualidade para cumprir os padrões definidos pelos desejos dos clientes antes avaliados;
- 3) Melhorar a qualidade com a busca dos problemas e uso de métodos para solução dos problemas.

E para o ciclo de manutenção da qualidade devem ser realizadas sete etapas que são os fatores básicos (FALCONI, 2004):

- 1) Estabelecimento do padrão de qualidade: determinação das necessidades do cliente e a possibilidade de atender ou não a estas necessidades com o processo atual;
- 2) Estabelecimento de procedimentos padrão: definir os fatores importantes a serem padronizados;
- 3) Trabalho de acordo com os padrões: treinar a mão de obra para trabalhar dentro dos padrões e realizar auditorias;
- 4) Medidas: definir o que deve ser medido no processo;
- 5) Padrões de verificação: definir as inspeções a serem realizadas de acordo com os padrões de qualidade;
- 6) Verificação: verificar a existência de não conformidades;
- 7) Eliminação das não conformidades: fazer análise de cada não conformidade para localização de falha e ação no controle desta, sendo registrado para análise futura.

Assim são utilizadas as ferramentas de CEP para garantia e manutenção da qualidade, com reduzida variabilidade, redução de retrabalhos e desperdícios e aumento de produtividade (DEMING, 1990).

Paladini (2011) complementa que nas estratégias de gestão da qualidade um dos grupos básicos de ferramentas é o CEP, com ênfase nos gráficos de controle, justificando o sucesso e a larga utilização destes.

2.4 CONTROLE ESTATÍSTICO DO PROCESSO

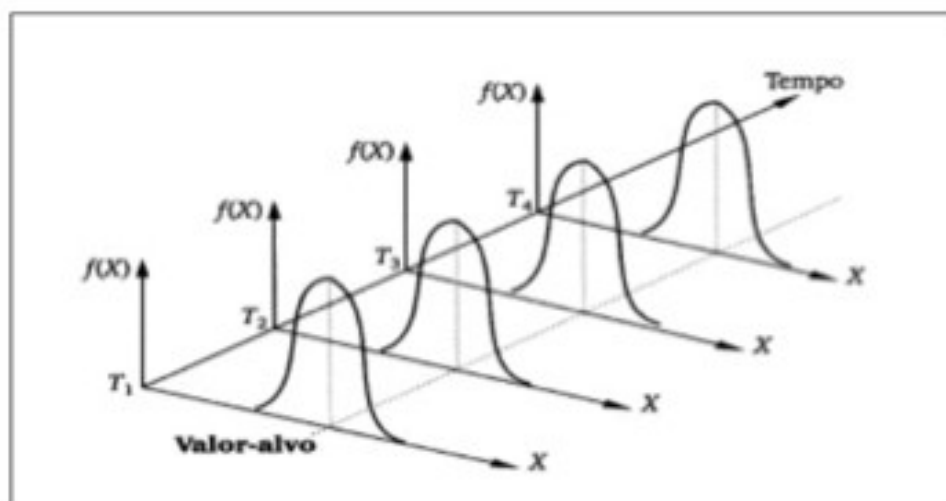
O controle de processos é uma das condições básicas para manutenção da qualidade, seja de bens ou serviços, para tal técnicas estatísticas podem ser utilizadas na avaliação dos processos. O início do controle estatístico foi em 1924 com o desenvolvimento e aplicação dos gráficos de controle, na Bell Telephone Laboratories, por Walter A. Shewart, um dispositivo para uso em chão de fábrica, simples e conseqüentemente com uso em infinitas aplicações, mas infelizmente, na maioria das vezes, somente superficial, pois era necessário um conhecimento detalhado do processo para que se tornasse uma ferramenta eficaz de monitoramento de processos (COSTA, EPPRECHT e CARPINETTI, 2014).

Os gráficos de controle foram adequados para vários procedimentos, como exemplo, o gráfico de controle por atributos utilizado no monitoramento da

qualidade do serviço, assim temos a estatística industrial, composta por diversas ferramentas utilizadas nos programas de melhoria continua envolvendo toda cadeia produtiva e com esforços para se fazer certo desde o começo (COSTA, EPPRECHT e CARPINETTI, 2014).

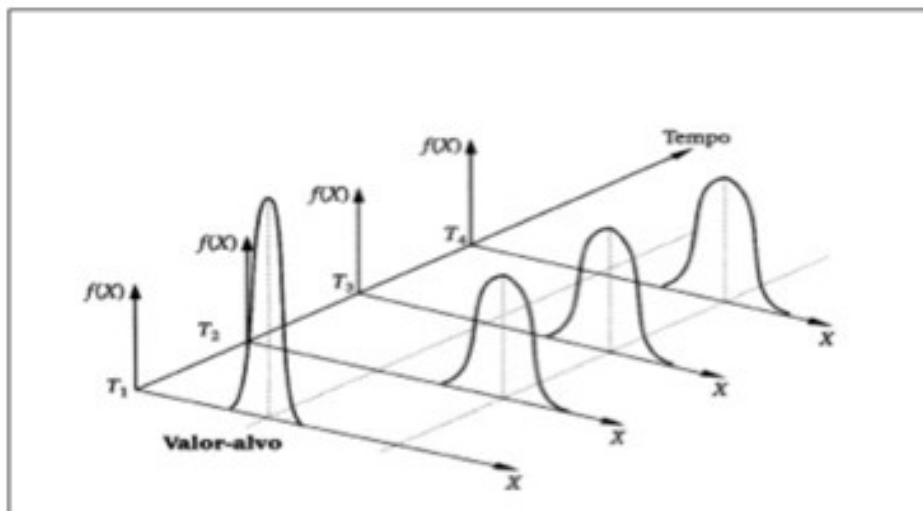
Os processos industriais têm variabilidade entre as unidades produzidas e muitas vezes essas variações são pequenas e difíceis de serem observadas. As causas desta variabilidade podem ser especiais, que devem ser monitoradas, controladas/eliminadas ou podem ser naturais do processo, no qual não se tem controle e são inerentes ao processo e assim, neste estado, o processo é considerado em controle. A FIGURA 2 mostra o gráfico de um processo em controle e a FIGURA 3 o gráfico de um processo com causa especial, no qual a média e/ou a variabilidade do processo pode ser alterada (COSTA, EPPRECHT e CARPINETTI, 2014).

FIGURA 2 – PROCESSO EM CONTROLE



FONTE: Costa, Epprecht e Carpinetti (2014, p. 24).

FIGURA 3 – PROCESSO COM CAUSA ESPECIAL



FONTE: Costa, Epprecht e Carpinetti (2014, p. 25).

Para análise do processo de fabricação são utilizadas as ferramentas do CEP com o objetivo de reduzir a variabilidade, encontrar a estabilidade e melhorar a capacidade, através de um conjunto de ferramentas para solução de problemas. As ferramentas do CEP são (MONTGOMERY e RUNGER, 2013):

- 1) Histograma;
- 2) Gráfico de Pareto;
- 3) Diagrama de causa e efeito;
- 4) Diagrama de defeito concentração;
- 5) Gráficos de controle;
- 6) Diagrama de dispersão;
- 7) Folha de verificação.

Todas as ferramentas podem ser usadas em conjunto ou individualmente, dependendo da necessidade de cada estudo de caso, porém todas devem ser bem conhecidas na teoria e na prática.

2.4.1 Histograma

Histograma é a representação gráfica da distribuição de frequência que consiste na divisão dos dados em intervalos de classe, preferencialmente de igual largura e em quantidade próxima à raiz quadrada do número de observações:

Histograma é um gráfico de barras no qual o eixo horizontal, [...], apresenta os valores assumidos por uma variável de interesse. [...] é construído uma barra vertical, cuja área deve ser proporcional ao número de observações na amostra [...] (WERKEMA, 2006, p. 113).

Para se obter o histograma, na linha horizontal são colocados os intervalos de classe e na vertical as frequências, gerando uma impressão visual da distribuição dos dados (MONTGOMERY e RUNGER, 2013). Werkema (2006) complementa que para construção do histograma existem dez etapas:

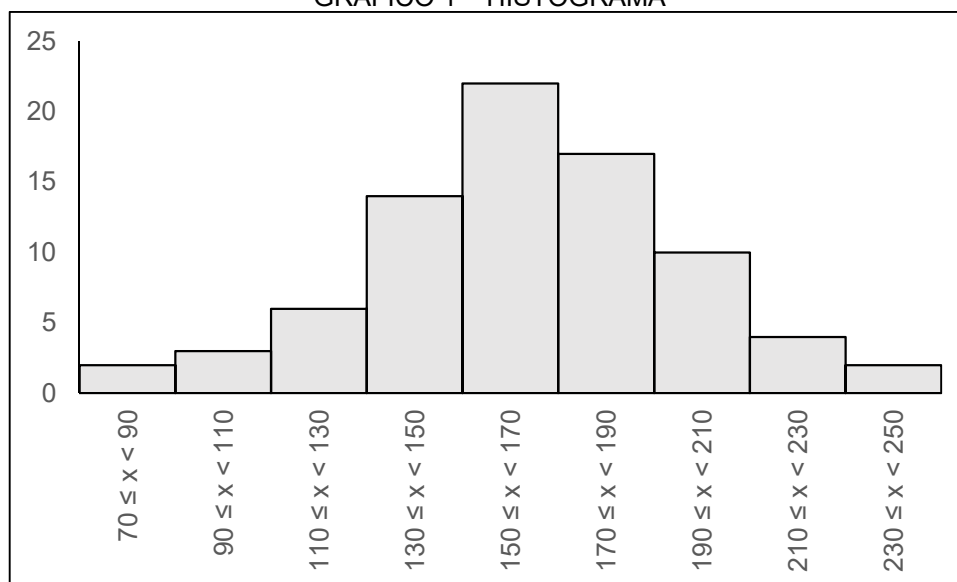
- 1) Coletar dados da variável interesse;
- 2) Escolher o número de intervalos ou classes $k = \sqrt{\text{número de observações } (n)}$;
- 3) Identificar o menor valor – mínimo e o maior valor – máximo, da amostra;
- 4) Calcular a amplitude $R = \text{máximo} - \text{mínimo}$;
- 5) Calcular o comprimento de cada intervalo $h = R / k$;
- 6) Arredondar o valor de h de forma conveniente, sendo este um múltiplo inteiro da unidade de medida dos dados da amostra;
- 7) Calcular os limites de cada intervalo, sendo limite inferior (LI) = mínimo – $h / 2$ e limite superior (LS) = LI + h , a quantidade de intervalos é igual a $k + 1$;
- 8) Construir a tabela de frequências (TABELA 1);
- 9) Desenhar o histograma (GRÁFICO 1);
- 10) Registrar as informações importantes como título, período de coleta de dados e tamanho da amostra.

TABELA 1 – DISTRIBUIÇÃO DE FREQUENCIA

Intervalo de Classe (psi)	Frequência	Frequência Relativa	Frequência Relativa Cumulativa
$70 \leq x < 90$	2	0,0250	0,0250
$90 \leq x < 110$	3	0,0375	0,0625
$110 \leq x < 130$	6	0,0750	0,1375
$130 \leq x < 150$	14	0,1750	0,3125
$150 \leq x < 170$	22	0,2750	0,5875
$170 \leq x < 190$	17	0,2125	0,800
$190 \leq x < 210$	10	0,1250	0,9250
$210 \leq x < 230$	4	0,0500	0,9750
$230 \leq x < 250$	2	0,0250	1,0000

FONTE: Adaptado de Montgomery e Runger (2013, p. 18).

GRÁFICO 1 – HISTOGRAMA



FONTE: o autor, 2016.

Os histogramas são utilizados para estudo de desempenho de um processo, analisando uma variável de interesse. Os dados devem ser comparados com os limites de especificação, identificados no gráfico por linhas paralelas verticais e sendo possível avaliar se o processo é capaz de atender às especificações, se a média das medidas está próxima ao centro da faixa de especificação e se é necessária alguma ação para redução da variabilidade do processo (WERKEMA, 2006).

2.4.2 Gráfico de Pareto

O princípio de Pareto foi observado por Vilfredo Pareto quando identificou que 80% das terras da Itália pertenciam a 20% da população, sendo o princípio descrito como que na maioria dos eventos, 20% das causas são responsáveis por 80% dos efeitos. Sendo este princípio utilizado nos dias de hoje para classificação de causas de um efeito, identificadas as mais importantes do lado esquerdo do diagrama e as menos importantes em ordem decrescente para o lado direito (SCARTEZINI, 2009).

Para a construção do gráfico de Pareto inicialmente devem ser levantados os dados para análise, a quantidade de cada um dos defeitos identificados e o número total de peças inspecionadas, deve-se então criar uma planilha com a quantidade de defeitos em ordem decrescente, tendo na planilha cinco colunas com os seguintes conteúdos, tipo de defeito, quantidade de defeitos, total acumulado, percentagem do total geral e percentagem acumulada, conforme Tabela 2.

TABELA 2 – DADOS GRÁFICO DE PARETO

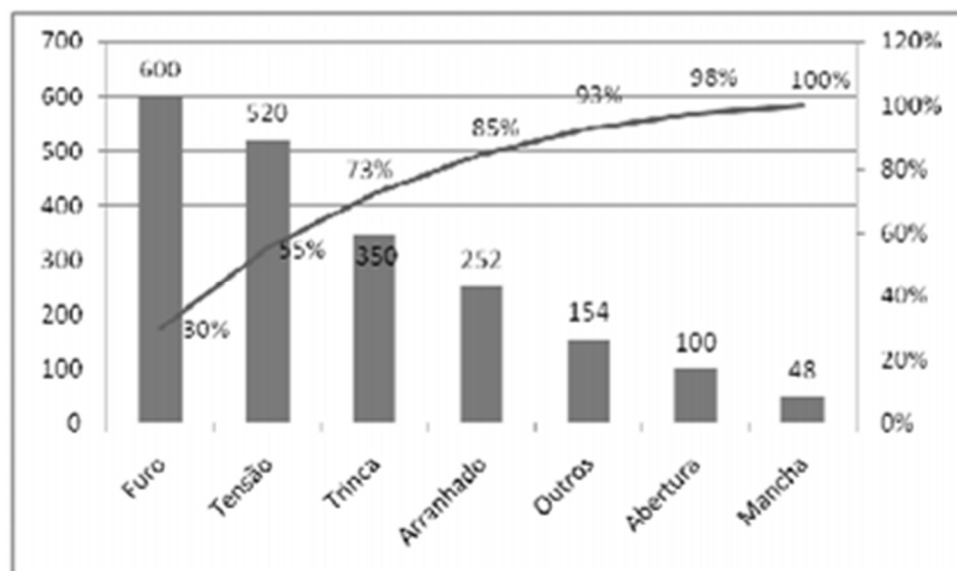
Tipo de defeito	Quantidade de defeitos	Total acumulado	% do total geral	% acumulada
Furo	600	600	29,6	29,6
Tensão	520	1120	25,7	55,3
Trinca	350	1470	17,3	72,6
Arranhado	252	1722	12,5	85,1
Outros	154	1876	7,6	92,7
Abertura	100	1976	4,9	97,6
Mancha	48	2024	2,4	100,0
Total	20024	-	100,0	-

FONTE: Adaptado de Werkema (2006, p. 75)

Um gráfico é construído após a análise do evento com a ordenação dos itens em ordem decrescente de ocorrência e uma linha horizontal de percentual

traçada, com isto observa-se que poucas causas geram a maioria dos efeitos, como exemplo o GRÁFICO 2. Mas o diagrama de Pareto aponta somente o fator mais frequente e não a mais importante, necessariamente (SCARTEZINI, 2009).

GRÁFICO 2 – GRÁFICO DE PARETO



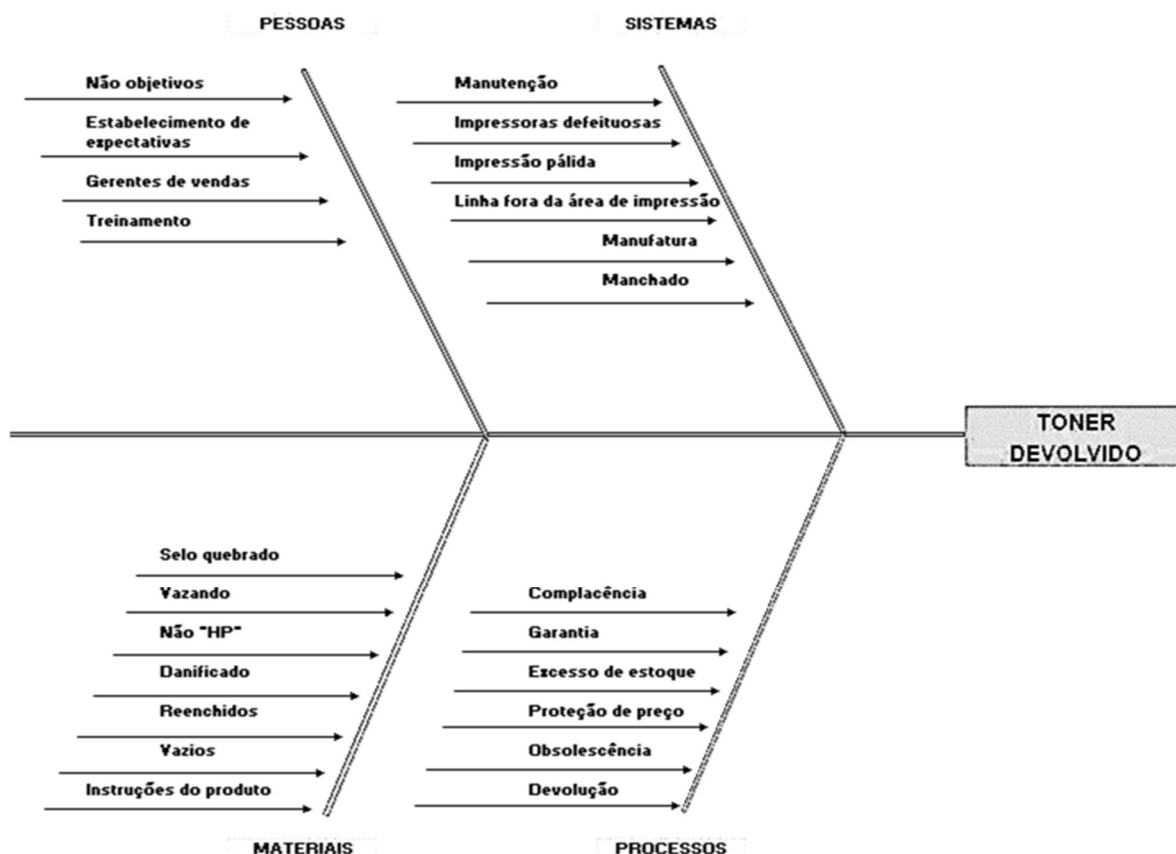
FONTE: Scartezini, 2009, p. 25.

Com a análise do GRÁFICO 2 são identificados os itens que mais afetam o processo e os esforços de solução e melhoria orientados para os itens identificados.

2.4.3 Diagrama de causa e efeito e diagrama de defeito concentração

O diagrama de causa e efeito (FIGURA 4) é utilizado na busca das raízes dos problemas através da identificação das principais categorias de causas possíveis, como mão-de-obra, maquinário, materiais, métodos, entre outros, depois é realizado uma busca sistemática de fatos e discussão em grupos para detalhamento das possíveis causas em cada categoria e posteriormente ao registro de todas as causas possíveis, estas devem ser discutidas para esclarecer quais as causas e suas combinações (SLACK, CHAMBERS e JOHNSTON, 2002).

FIGURA 4 – DIAGRAMA DE CAUSA E EFEITO



FONTE: Adaptado de Slack, Chambers e Johnston (2002).

Para o procedimento de construção do diagrama de causa e efeito é necessário que participem pessoas envolvidas no processo a ser estudado e seis etapas descritas por Werkema (2006):

- 1) Definir a característica a ser analisada (retângulo final da espinha de peixe – FIGURA 4);
- 2) Relacionar as causas primárias (retângulo ao final de cada espinha – FIGURA 4);
- 3) Relacionar as causas secundárias que afetam as primárias (descrições indicadas ao longo de cada espinha – FIGURA 4);
- 4) Se necessário relacionar as causas terciárias como pequenas espinhas vinculadas as causas secundárias apontadas;
- 5) Identificar as causas que geram efeitos mais significativos;
- 6) Registrar as informações de título, data de elaboração e responsáveis.

Após a construção e identificação dos efeitos mais significativos estes devem ser descritos de forma clara, identificando o que é, onde, como e quando

ocorre. Depois devem ser construídos novos diagramas de causa e efeito para cada efeito identificado no diagrama principal. Por fim, deve ser feita a análise destes diagramas secundários e todo o processo realizado com o diagrama principal até que seja identificado a causa raiz (WERKEMA, 2006).

Com posse dos dados levantados no diagrama de causa e efeito é possível identificar o ponto de concentração dos defeitos, este diagrama mostra em qual parte da peça está localizada a maior quantidade de defeitos e deve ser utilizado da seguinte forma, segundo Scartezini (2009):

- 1) Descrever o problema ou resultado a ser analisado;
- 2) Escolher as raízes de análise que serão utilizadas;
- 3) Listar as causas mais prováveis;
- 4) Organizar as causas selecionadas por raiz;
- 5) Inter-relacionar as causas dentro da sua raiz;
- 6) Verificar relações de causas entre raízes;
- 7) Selecionar as causas mais prováveis.

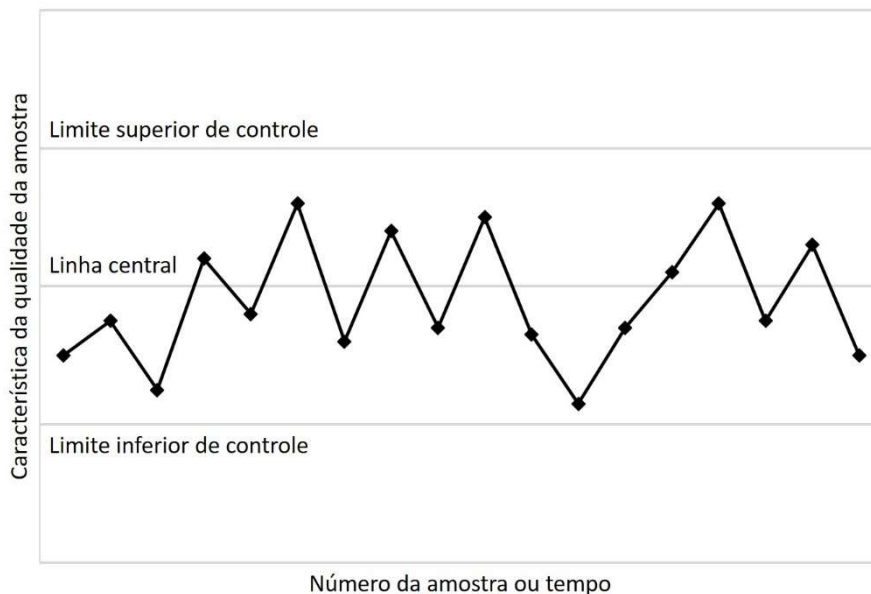
Com esta ferramenta é possível identificar o grau de conhecimento do grupo, todos os aspectos do problema e o que precisa ser feito.

2.4.4 Gráficos de controle

Para detecção da presença de causas especiais os processos devem ser constantemente monitorados, sendo a principal ferramenta para detecção destas causas, os gráficos de controle. Os principais gráficos utilizados são de média (\bar{X}), utilizados para monitoramento da tendência central, e amplitude (R), para controlar a variabilidade do processo, que monitoram as características de qualidade de interesse (COSTA, EPPRECHT e CARPINETTI, 2014).

Os gráficos de controle são construídos com uma linha central (LC) representando a média, estado sob controle, duas linhas horizontais representando os limites superior (LSC) e inferior (LIC), no qual limita-se o estado sob controle em torno da média. Caso algum ponto da coleta de amostras periódica fique fora das limitações do gráfico é um indício de que o processo está fora de controle, necessitando ser investigado para encontrar a causa e eliminá-la (GRÁFICO 3).

GRÁFICO 3 – GRÁFICO DE CONTROLE



FONTE: Adaptado de Montgomery e Runger (2013, p. 423).

Os gráficos de controle podem ser considerados instrumentos de estimação, pois através destes é possível identificar parâmetros do processo como média, desvio-padrão e fração não conforme, utilizados na determinação da capacidade do processo. Os gráficos de controle podem ser classificados em dois tipos, os de características mensuráveis, gráficos de controle por variáveis e o de características não mensuráveis, gráficos de controle por atributos. Estes gráficos contribuem na melhoria de produtividade, prevenção de defeitos, prevenção de ajustes desnecessários, informações para diagnóstico e informação sobre a capacidade do processo (MONTGOMERY e RUNGER, 2013).

2.4.4.1 Gráficos de controle por variáveis

Os gráficos de controle por variáveis são (GRANT e LEAVENWORTH, 1996):

- a) Gráfico de média \bar{x} : controle do valor médio de uma característica da qualidade;
- b) Gráfico de intervalo R : controle da variabilidade do processo por intervalos da característica da qualidade, utilizado em conjunto com o gráfico \bar{x} ;

- c) Gráfico de desvio padrão S : controle da variabilidade do processo por desvios padrões da característica da qualidade.

Os gráficos de \bar{x} e R devem ser utilizados em conjunto para análise de variáveis em escala contínua, sendo o gráfico \bar{x} para controle da média do processo e o gráfico R para controle da variabilidade do processo em estudo. Para a construção destes gráficos devem ser seguidas treze etapas (WERKEMA, 2006):

- 1) Escolha da variável a ser analisada;
- 2) Coleta dos dados sendo m amostras com n observações, coletadas em intervalos sucessivos e registradas em ordem de obtenção;
- 3) Calcular a média de cada amostra (\bar{x}_i);
- 4) Calcular a média global ($\bar{\bar{x}}$);
- 5) Calcular a amplitude R_i de cada amostra;
- 6) Calcular a amplitude média \bar{R} ;
- 7) Calcular os limites de controle de acordo com as Equações 1, 2, 3 e 4;

$$LSC(\bar{x}) = \bar{\bar{x}} + A_2\bar{R} \quad (1)$$

$$LCI(\bar{x}) = \bar{\bar{x}} - A_2\bar{R} \quad (2)$$

$$LSC(R) = D_4\bar{R} \quad (3)$$

$$LCI(R) = D_3\bar{R} \quad (4)$$

- 8) Traçar os limites de controle no gráfico;
- 9) Marcar os pontos no gráfico;
- 10) Registrar as informações de título, tamanho das amostras (n), período da coleta de dados, nome do processo e produto, método de medição e responsável pela construção dos gráficos;
- 11) Interpretar os gráficos, retirando os pontos fora de controle e repetir as etapas 3 a 10 ou coleta de novas amostras, caso necessário, até que o estado de controle seja atingido;
- 12) Verificar se o estado de controle atingido está de acordo com o processo em relação a questões técnicas e econômicas e tomar as ações necessárias para adequação;
- 13) Rever periodicamente os valores dos limites de controle.

Algumas considerações da análise deste tipo de gráfico são que caso não ocorram pontos fora dos limites, mas tenha uma configuração não aleatória, as causas devem ser identificadas e eliminadas e então coletadas novas amostras para cálculo de novos limites de controle. Outro fato é que o processo pode ser considerado sob controle estatístico quando o mesmo está estável em relação à média e em relação a variabilidade, justificando assim o uso destes gráficos em conjunto (WERKEMA, 2006).

Como os limites de controle são calculados com a estimativa do desvio padrão, primeiramente deve ser construído o gráfico R e analisado, pois se este indicar que o processo não está sob controle, o gráfico \bar{x} não deve ser construído, pois a estimativa utilizada não foi proveniente de um processo sob controle em relação à variabilidade. Por fim, caso haja alguma alteração no processo, os limites de controle devem ser reavaliados com novas amostras (WERKEMA, 2006).

Quando se tem o número de observações (n) em cada amostra (m) maior que 10 medidas é indicado que seja utilizado os gráficos \bar{x} e S , devido a estimativa do desvio padrão ter menor eficiência para amostras maiores. Assim o gráfico S passa a ser utilizado para controle da variabilidade do processo substituindo ao gráfico R , seguindo as mesmas etapas de construção e análise descritas para os gráficos \bar{x} e R e também sendo válidas as considerações apresentadas (WERKEMA, 2006).

2.4.4.1.1 Capacidade do processo

Após a verificação de controle do processo, é necessário avaliar o desempenho do mesmo. Esta análise pode ser feita através do índice de capacidade do processo C_p que identifica se o processo é capaz de gerar produtos dentro da especificação, calculado na equação 5 (WERKEMA, 2006).

$$C_p = \frac{LSE - LIE}{6\sigma} \quad (5)$$

Quanto maior o valor de C_p , maior é a capacidade do processo, quando este está centrado sendo considerado sua capacidade potencial. Caso o processo não esteja centrado deve ser utilizado o índice C_{pk} , capacidade real

que considera a média do processo e é calculado na equação 6 (WERKEMA, 2006).

$$C_{pk} = \left[\frac{LSE - \mu}{3\sigma}, \frac{\mu - LI}{3\sigma} \right] \quad (6)$$

Se a média do processo e o valor nominal da especificação coincidem, tem-se C_p igual a C_{pk} , se estes têm valores baixos deve-se focar na redução a variabilidade do processo ou se tiver valores altos é a situação ideal e o processo deve ser mantido. Mas caso o C_p seja alto e o C_{pk} baixo, é necessário deslocar a média do processo, por fim, o inverso desta condição, com C_p baixo e C_{pk} alto é impossível (WERKEMA, 2006).

2.4.4.2 Gráficos de controle por atributos

Os gráficos de controle por atributos são (WERKEMA,2006):

- a) Gráfico da proporção de defeituosos p : proporção de itens defeituosos produzidos;
- b) Gráfico do número de defeitos c : número total de defeitos em uma unidade de produto.

O gráfico p deve ser utilizado quando há interesse na proporção de itens defeituosos produzidos e é baseado nos princípios da distribuição binomial que descreve o padrão de ocorrências quando há a classificação de defeituoso ou não-defeituoso e para a construção são necessárias nove etapas descritas por Werkema (2006):

- 1) Coleta dos dados, sendo m amostras de tamanho n , coletadas em intervalos sucessivos e registradas na ordem em que são medidas;
- 2) Calcular a proporção média de itens defeituosos \bar{p} , através da Equação 7, sendo x o número de itens defeituosos;

$$\bar{p} = \frac{1}{mn} \sum_{i=1}^m x_i \quad (7)$$

- 3) Calcular os limites de controle de acordo com as Equações 8 e 9;

$$LSC = \bar{p} + 3\sqrt{\bar{p}(1 - \bar{p})/n} \quad (8)$$

$$LIC = \bar{p} - 3\sqrt{\bar{p}(1 - \bar{p})/n} \quad (9)$$

- 4) Traçar os limites de controle no gráfico;

- 5) Marcar os pontos no gráfico;
- 6) Registrar as informações de título, tamanho das amostras (n), período da coleta de dados, nome do processo e produto, método de medição e responsável pela construção dos gráficos;
- 7) Interpretar os gráficos, retirando os pontos fora de controle e repetir as etapas 2 a 6 ou coleta de novas amostras, caso necessário, até que o estado de controle seja atingido;
- 8) Verificar se o estado de controle atingido está de acordo com o processo em relação a questões técnicas e econômicas e tomar as ações necessárias para adequação;
- 9) Rever periodicamente os valores dos limites de controle.

O gráfico c é utilizado quando há a necessidade de controlar o número total de defeitos em uma unidade de produto, sendo que um item defeituoso pode conter um ou mais defeitos. Este gráfico é baseado nos princípios da distribuição de Poisson que descreve o padrão de ocorrência de eventos em um intervalo ou unidade de espaço. Para a construção do gráfico são necessárias dez etapas descritas por Werkema (2006):

- 1) Coleta dos dados, sendo k amostras contendo uma ou n unidades de inspeção;
- 2) Determinar o número c_i de defeitos em cada amostra;
- 3) Calcular o número médio de defeitos \bar{c} através da Equação 10;

$$\bar{c} = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k c_i \quad (10)$$

- 4) Calcular os limites de controle de acordo com as Equações 11 e 12;

$$LSC = \bar{c} + 3\sqrt{\bar{c}} \quad (11)$$

$$LSC = \bar{c} - 3\sqrt{\bar{c}} \quad (12)$$

- 5) Traçar os limites de controle no gráfico;
- 6) Marcar os pontos no gráfico;
- 7) Registrar as informações de título, tamanho das amostras (n), período da coleta de dados, nome do processo e produto, método de medição e responsável pela construção dos gráficos;

- 8) Interpretar os gráficos, retirando os pontos fora de controle e repetir as etapas 2 a 7 ou coleta de novas amostras, caso necessário, até que o estado de controle seja atingido;
- 9) Verificar se o estado de controle atingido está de acordo com o processo em relação a questões técnicas e econômicas e tomar as ações necessárias para adequação;
- 10) Rever periodicamente os valores dos limites de controle.

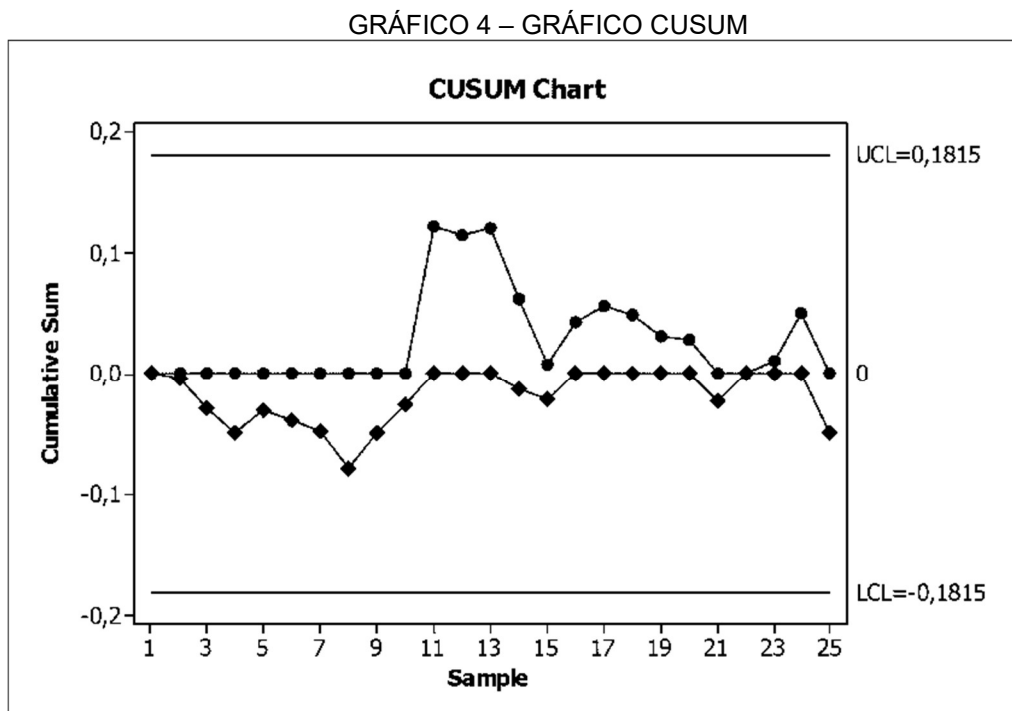
Por fim, é importante salientar que os limites de controle não são os limites de especificação, os limites de controle são obtidos através da análise de variabilidade do processo e os limites de especificação são determinados pelos membros responsáveis da empresa para refletir as necessidades dos clientes, sendo assim não existe relacionamento matemático ou estatístico entre estes limites. E que através da análise dos gráficos de controle o processo pode ser classificado em quatro categorias, sendo duas de processo que não está sob controle, porém pode produzir ou não itens defeituosos e duas de processo sob controle, que produz ou não itens defeituosos, sendo a primeira opção o pior resultado, a segunda opção indica instabilidade, a terceira indica que o processo não tem capacidade suficiente para atender as especificações e por último, a quarta opção é a situação ideal que deve ser objetivo de todos os processos (WERKEMA, 2006).

2.4.4.3 Gráficos de controle CUSUM e EWMA

À medida que os processos se tornam mais robustos e estão sujeitos a pequenas perturbações que não são identificadas pelos gráficos de Shewart, sendo necessário o uso dos gráficos das somas acumuladas (CUSUM) e da média móvel ponderada exponencial (EWMA) (COSTA, EPPRECHT e CARPINETTI, 2014).

O gráfico CUSUM (GRÁFICO 4) é construído baseado na análise de várias amostras que à medida que são retiradas é acumulado os desvios de \bar{x} em relação ao valor-alvo μ_0 ou valor médio em controle, tendo com resultado a estatística S_i . Assim, enquanto a média permanecer no alvo, a estatística S_i oscilará aleatoriamente, mas sempre em torno de zero, diferente de quando a

média variar para mais ou menos, fazendo com que a estatística S_i cresça ou decresça indefinidamente (COSTA, EPPRECHT e CARPINETTI, 2014).



FONTE: Carlberg (2013).

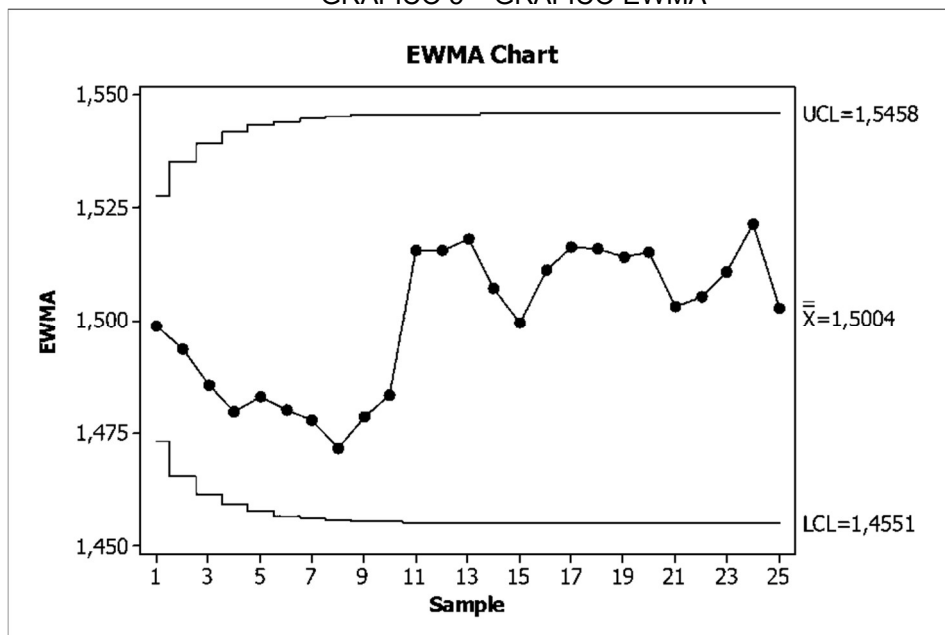
Com este gráfico é possível identificar quando houve a perturbação, sendo bastante visível o ponto em que S_i começa a crescer. O cálculo é facilitado pelo uso do algoritmo das somas acumuladas em recursos computacionais *online* que utiliza as Equações 13 e 14 para cálculo dos limites inferior (S_i^-) e superior (S_i^+) (COSTA, EPPRECHT e CARPINETTI, 2014).

$$S_i^+ = \max\{0, X_i - (\mu_0 + d) + S_{i-1}^+\} \quad (13)$$

$$S_i^- = \max\{0, (\mu_0 - d) - X_i + S_{i-1}^-\} \quad (14)$$

O outro gráfico EWMA (GRÁFICO 5) é utilizado para detecção de pequenos deslocamentos na média do processo e construído com observações individuais com a plotagem da estatística Y_i definida na Equação 15 e os limites superior (LSC) e inferior (LIC) dados pelas Equações 16 e 17 (COSTA, EPPRECHT e CARPINETTI, 2014).

GRÁFICO 5 – GRÁFICO EWMA



FONTE: Carlberg (2013).

$$Y_i = \lambda X_i + (1 - \lambda)Y_{i-1} \quad (15)$$

$$LSC = \mu_0 + k\sigma_0 \sqrt{\left(\frac{\lambda}{2-\lambda}\right) [1 - (1 - \lambda)^{2i}]} \quad (16)$$

$$LIC = \mu_0 - k\sigma_0 \sqrt{\left(\frac{\lambda}{2-\lambda}\right) [1 - (1 - \lambda)^{2i}]} \quad (17)$$

No gráfico é possível observar que a média do processo μ é igual a μ_0 e que Y_i oscila em torno desta, mas se for feita a alteração da média quando Y_i atingir este novo valor, esta passará a ser μ_0 e Y_i oscilará em torno desta (COSTA, EPPRECHT e CARPINETTI, 2014).

2.4.4.4 Implementação dos gráficos de controle

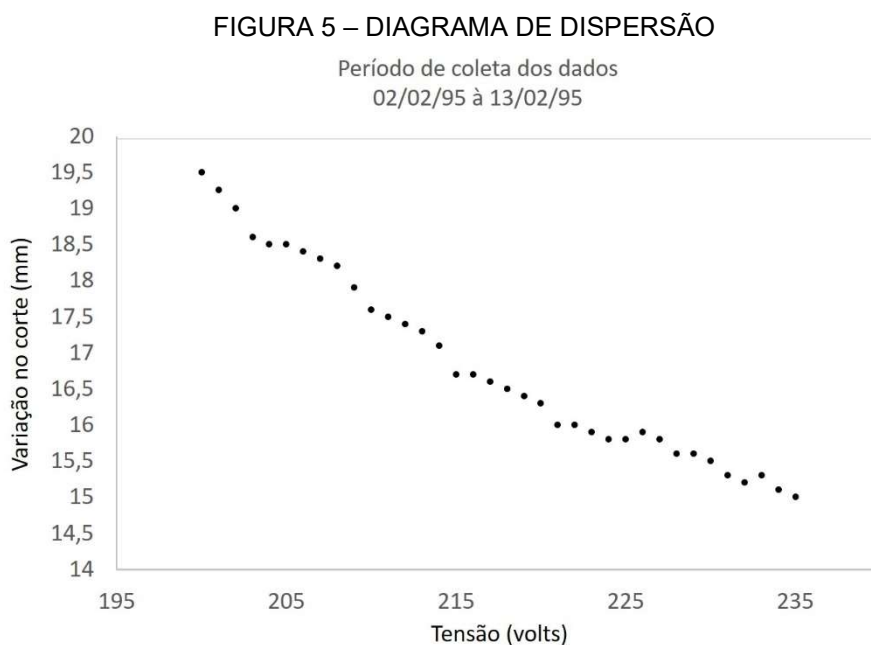
Os gráficos de controle é um método ativo de controle da variabilidade do processo e para sua implementação, Montgomery (2004) apresenta algumas diretrizes:

- 1) Determinar quais características serão controladas: inicialmente os gráficos de controle são aplicados a todas as características e com a análise dos mesmos, vão sendo eliminadas aquelas em que não é necessário o controle e podem ser acrescentadas novas características identificadas;

- 2) Determinar em qual local do processo será implementado: quanto mais no começo do processo são implantados, maior o controle;
- 3) Escolher o tipo de gráfico de controle:
 - Os gráficos de controle por variáveis devem ser utilizados para novo processo ou produto, processos com problemas crônicos, diagnóstico de processos com problemas, teste destrutivo, redução de amostragem, especificações que sobrepõem as tolerâncias do processo, mudança nas especificações do produto e, processos que precisam ser continuamente monitorados;
 - Os gráficos de controle por atributos devem ser utilizados para processos em que as causas são controladas pelos operadores, operações complexas com controle de qualidade por não-conformidades, processos em que os dados não podem ser medidos e, processos que precisam de resumo histórico de desempenho;
- 4) Os gráficos CUSUM e EWMA devem ser utilizados para processos em que não é possível obter mais de uma medida por amostra, testes automatizados e processos com tecnologia de inspeção, processo em que os dados são obtidos lentamente e, processo em que as mudanças são pequenas.
- 5) Analisar o gráfico de controle e realizar as ações necessárias: nesta etapa deve ser analisado se o processo está sob controle e se é capaz, para então serem definidas as medidas a serem tomadas e as ferramentas do CEP a serem implementadas;
- 6) Selecionar os sistemas de coleta de dados e os programas de computador: com o uso de programas cria-se um banco de dados para uso em diversas ocasiões e fornecem mais informações do que os manuais, além de monitorar várias características da qualidade ao mesmo tempo e fornecer sinais automáticos de causas.

2.4.5 Diagrama de dispersão

Quando se tem características de qualidade interdependentes, ou autocorrelacionadas, os gráficos de controle não podem ser utilizados, pois podem ser gerados alarmes falsos sob o estado de controle do processo. Para estes tipos de processos deve ser estimado o coeficiente de correlação amostral (r_{XY}) obtido a partir de n pares de uma amostra, criando os pontos em forma de nuvem de um diagrama de dispersão das variáveis X (independente) e Y (dependente) identificando o grau de relação linear entre as variáveis, sendo esta uma ferramenta visual (FIGURA 5) (COSTA, EPPRECHT e CARPINETTI, 2014).



FONTE: Adaptado de Costa, Epprecht e Carpinetti (2014, p. 161).

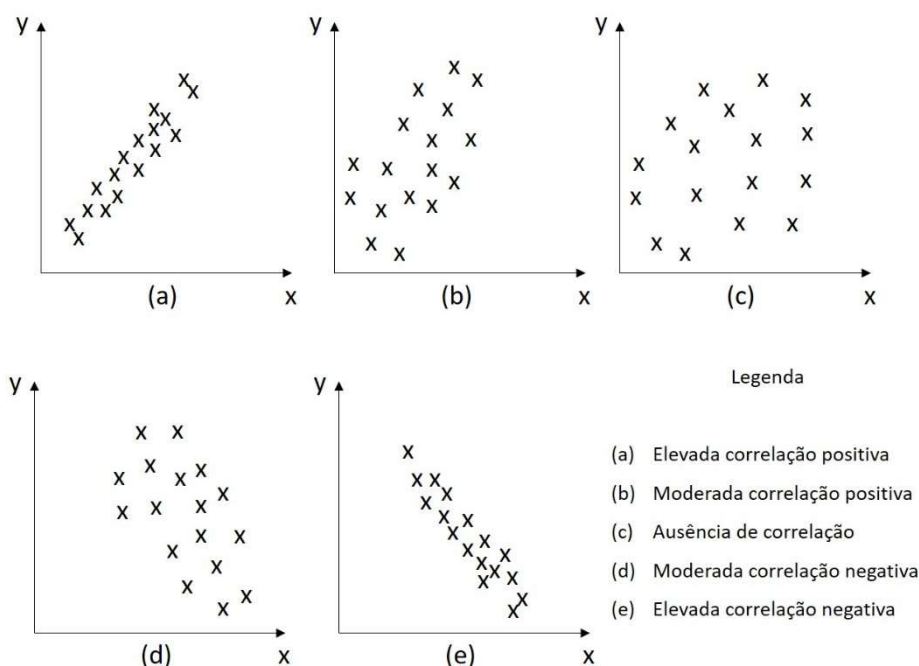
De acordo com Werkema (2006) para a construção do diagrama de dispersão são oito etapas:

- 1) Coleta de pares de observações (x, y) , sendo ao menos 30 pares;
- 2) Registro dos dados coletados em uma tabela;
- 3) Escolha da variável independente representante do eixo x e da variável dependente representante do eixo y ;
- 4) Determinação dos valores máximos e mínimos das observações;
- 5) Escolha da escala adequada para os eixos;
- 6) Desenho dos eixos;

- 7) Representação dos pares de observações (x, y) no gráfico;
- 8) Registro das informações como título, período de coleta, número de pares de observações, unidade de medida de cada eixo e responsável pela construção do gráfico.

Complementa o autor sobre como avaliar um gráfico de dispersão de acordo com a sua distribuição dos dados, sendo possível comparar a cinco possíveis padrões conforme FIGURA 6.

FIGURA 6 – POSSÍVEIS PADRÕES DE DIAGRAMA DE DISPERSÃO



FONTE: Adaptado de Werkema (2006, p. 168).

Conforme FIGURA 6, tem-se no gráfico a uma elevada correlação positiva que significa que ao aumentar x , y também aumenta. No gráfico b tem-se uma moderada correlação positiva no qual y tende a aumentar quando x aumenta, porém há uma variabilidade. No gráfico c não existe correlação entre x e y , no gráfico d há uma moderada correlação negativa e que y tende a diminuir com o aumento de x , mas com variabilidade e no gráfico e tem-se uma elevada correlação negativa no qual y diminui com o aumento de x .

Podem ocorrer pontos fora dos padrões da distribuição das variáveis conhecidos como *outliers*, estes podem ser importantes para análise de situações incomuns, representando observações não usuais, que podem ser, por exemplo, registro incorreto de dados, defeito no instrumento de medição

tendo que ser corrigido ou eliminado a observação. Por outro lado, pode ser a indicação de que existe outra variável não analisada interferindo no processo, podendo a sua análise resultar em melhorias do processo ou novo conhecimento de variáveis que geram efeitos sobre a variável y (WERKEMA, 2006).

2.4.6 Folha de verificação

A folha de verificação pode ser simples ou de frequência, a simples é uma lista de itens que são marcados conforme são realizados ou avaliados, muito utilizada para certificação de quais as ações estão sendo realizadas, a de frequência registra quantas vezes ocorre o mesmo evento ao longo do tempo dentro de um período pré-estabelecido, permitindo observar o número de ocorrências, o tempo de reação, o custo de uma operação no período de tempo analisado e o impacto de uma ação no dado período de tempo, muito utilizado para monitoramento de desempenho do processo e acompanhamento de defeitos em itens ou processos (SEBRAE, 2005).

Assim os objetivos principais da folha de verificação são facilitar a coleta de dados e organizar os dados durante a coleta. Para a elaboração desta existem treze etapas (WERKEMA, 2006):

- 1) Definir o objetivo de coleta de dados;
- 2) Determinar o tipo de folha de verificação;
- 3) Estabelecer o título;
- 4) Incluir os campos para registro de dados importantes do departamento;
- 5) Incluir os campos para registro de dados importantes dos produtos;
- 6) Incluir os campos para registro dos responsáveis pelo preenchimento da folha de verificação;
- 7) Incluir os campos para registro da origem dos dados;
- 8) Apresentar a folha de verificação com instruções de preenchimento;
- 9) Conscientizar os envolvidos do objetivo da coleta de dados e sua importância;
- 10) Informar a todos o que, onde, quando e como serão feitas as medidas para coleta de dados;

- 11) Instruir a todos sobre a forma de preenchimento da folha de verificação;
- 12) Certificar-se de que os fatores de interesse estão inclusos na folha de verificação;
- 13) Executar um teste para identificação de falhas de elaboração da folha de verificação.

2.5 TRABALHOS CORRELATOS

Para análise de trabalhos correlatos foi realizado busca de publicações internacionais no acervo do ScienceDirect primeiramente com as palavras-chave “gamification” and/or “educational games” e utilizando os filtros de publicações de até cinco anos, ou seja, de 2011 a 2016, nas áreas de Computers & Education, Computer in Human Behavior e Teaching and Teacher Education, publicadas em Journals, sendo que após avaliação de títulos e resumos, foram selecionados três para compor parte deste capítulo.

Porém, como existem poucos trabalhos divulgados sobre o desenvolvimento de jogos educativos computacionais voltados a uma prática específica, este capítulo foi complementado com a busca de trabalhos nacionais, diretamente no Google Acadêmico, com as palavras-chave “controle estatístico do processo”, “gamificação” e “jogos educacionais”, no qual, após avaliação, foram selecionados nove trabalhos, somando um total de doze trabalhos correlatos analisados.

Taspinar et al (2016) trata da inserção de elementos interativos no rol de elementos didáticos tradicionais com o desenvolvimento de um jogo baseado nos conceitos de gamificação com o objetivo de gerenciamento do aprendizado e que pode ser utilizado em qualquer nível de ensino e conteúdo. O protótipo foi testado e avaliado tendo resultado promissor e inicial para novos desenvolvimentos.

Utilizando o conceito de gamificação, Jucá et al (2014), com o objetivo de engajar os alunos na elaboração e avaliação dos planos de negócios na disciplina de empreendedorismo, organizaram um jogo com desafios, metas, pontos e medalhas, simulando um ambiente de apostas e investimentos em ideias de planos das equipes, como resultado principal houve o estímulo a leitura

critérioria de todos os planos de negócio por todos os alunos gerando a aprendizagem pelo exemplo dos outros.

No ensino de Medicina, Santos et al (2013) trata do uso da gamificação e da realidade aumentada no ensino de práticas cirúrgicas com o desenvolvimento do protótipo de jogo com realidade aumentada para treinamento de habilidades básicas necessárias para a realização de procedimentos laparoscópicos. Foram realizados testes que comprovaram o funcionamento do protótipo e identificaram as necessidades para um completo desenvolvimento de níveis, *design* de interface e *design* de áudio.

Por fim, Brazil e Baruque (2015) apresenta a aplicação da gamificação na graduação de desenvolvimento de jogos digitais com a avaliação dos conceitos de satisfação, aprendizagem e envolvimento do aluno com a inclusão de pontuação, níveis de experiência, títulos, desafios, conquistas e música. Com a aplicação e uma pesquisa entre os alunos, identificou-se que 82% são favoráveis ao uso de desafios e conquistas, sendo que destes, 72% consideram que estes elementos contribuem para o processo de aprendizagem do curso.

Em relação a jogos didáticos, Giannakos (2013) avalia a importância do uso destes para o desenvolvimento do conhecimento, o autor realiza um estudo com discentes para avaliação do valor do aprendizado através do jogo, frente ao aprendizado tradicional e também os fatores que afetam o aprendizado. Chegando a conclusão de que o jogo didático demonstrou boa performance comparado ao tradicional em relação ao ganho de aprendizado, a performance dos discentes estava ligada ao entretenimento de se aprender jogando e, portanto, houve um ganho efetivo com o uso do jogo didático para o aprendizado.

Braghirolli et al (2016) avalia o uso de jogos didáticos no primeiro ano da graduação de Engenharia Industrial em relação ao potencial de vivência de situações complexas com o objetivo dos discentes identificarem os elementos importantes da prática profissional. Com a aplicação do jogo didático e de questionário de avaliação, os autores concluíram que o uso de jogos didáticos motiva os discentes e auxilia na melhor compreensão do conteúdo do curso, além de apontar que jogos educativos são bem recebidos pelos discentes e possuem os benefícios da oportunidade de apresentação de diferentes conceitos de uma forma integrada, a possibilidade de introduzir exemplos dinâmicos e ao mesmo tempo satisfazer a demanda de conhecimento e motivação.

Bittencourt et al (2004) publicou um artigo sobre aprendizagem apoiada por computador que trata da importância da inserção deste na aprendizagem estabelecendo um modelo de educação colaborativo, solidário e coletivo para sociedade moderna. Tarouco et al (2004) fez uma análise da importância da utilização de jogos educacionais como forma de motivação do aluno, destacando os jogos estratégicos focados na sabedoria e habilidade do discente para administração e construção de algo, proporcionando a simulação de aplicação de conhecimentos adquiridos em sala de aula de forma prática.

Rausis e Soares (2011) desenvolveram um jogo educativo para o ensino de gerenciamento de projetos para cursos de graduação na área de informática, os autores criaram três versões até a versão final, com ajustes devido a melhorias de design e dificuldades apontadas nos testes realizados. Após avaliação do jogo pelos discentes, este foi considerado motivador, positivo, divertido e contributivo para o aprendizado.

Ainda na área de gerenciamento de projetos, Cristofoloni (2014) desenvolveu um jogo com o objetivo de fixação de conhecimentos teóricos de metodologias de gerência de projetos de forma prática, o jogo tem várias rodadas com pontuações para cada ação tomada pelo jogador. Após aplicação do jogo, o mesmo foi avaliado pelos discentes como contributivo para aprendizagem, com boa interface, motivador, lógico e de fácil manuseio.

Bueno (2010) analisou o desenvolvimento do jogo Canhão Estatístico utilizado para o ensino de Estatística, apontando a necessidade de uma metodologia de trabalho em sala de aula para incorporação do jogo ao aprendizado. Foi realizado teste com discentes de graduação na área de Ciências Humanas, com média de vinte e um anos, com conhecimento básico em estatística, sendo que 82% dos discentes conseguiram entender os conceitos de média e desvio padrão com o processo de calibragem do canhão existente no jogo. Portanto, o autor constatou que o jogo auxilia na assimilação dos conteúdos abordados e permite ao discente levantar e testar hipóteses com sucessos e fracassos.

A tese de Reis (2001) foi o desenvolvimento de um jogo, Sistema Tutorial Inteligente para Controle Estatístico da Qualidade (STCEQ) com o aprendizado de conceitos básicos de qualidade, conceito de variabilidade, indicações e limitações do CEQ, pré-requisitos do CEQ e técnicas do CEQ, contendo tutoriais

para as teorias de cada item, problemas a serem resolvidos e simulações para casos práticos.

O jogo didático desenvolvido nesta pesquisa diferencia-se do apresentado por Reis (2001) em sua tese, o STCEQ devido a ter objetivo de otimizar o ensino teórico ministrado pelo docente da disciplina de forma lúdica e focado especificamente em CEP, ao invés de abranger todo o ensino teórico com os tutoriais e exemplos em formato de resolução de problemas.

Outra diferença é a atualidade da pesquisa, com a utilização de tecnologia recente e conteúdo baseado nas grades curriculares atuais do curso de Engenharia de Produção, sendo que a de Reis (2001) foi realizada há 15 anos, baseado nas grades curriculares da graduação de Engenharia de Produção da época e com tecnologia antiga.

3 MATERIAL E MÉTODOS

Nesta seção são descritos os procedimentos metodológicos do trabalho, incluindo classificação e enquadramento da pesquisa, coleta de dados e etapas de desenvolvimento da pesquisa.

Quanto à natureza esta pesquisa é classificada como aplicada, pois “objetiva gerar conhecimento para aplicação prática dirigida à solução de problemas específicos” (PRODANOV e FREITAS, 2013, p. 51). Quanto aos objetivos é exploratória, envolve levantamento bibliográfico, testes práticos e análises para compreensão e finalização.

E quanto ao procedimento técnico é um estudo de caso, pois busca a aplicação prática de conhecimentos, com a coleta e análise de informações de uma unidade específica e com requisitos básicos para realização (PRODANOV e FREITAS, 2013).

A metodologia de desenvolvimento do material didático foi baseada no modelo ADDIE de Tractenberg (2016) apresentado na bibliografia, composto por 5 fases. A primeira fase é de análise no qual foi identificada a necessidade de otimização do conhecimento teórico das ferramentas de CEP e sua aplicação.

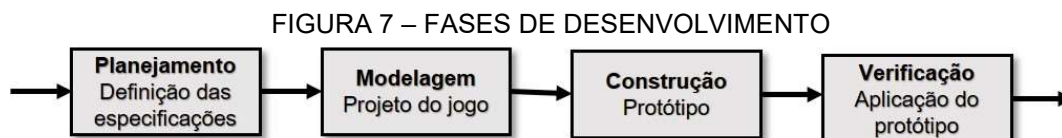
Na segunda fase, planejamento, foi definido o desenvolvimento do jogo didático com banco de questões e seleção aleatória destas, bem como definição dos níveis e pontuações. As terceira, quarta e quinta fase, desenvolvimento, implementação e avaliação, foram realizadas com apoio da metodologia de desenvolvimento de *softwares* de Pressman (2011) que apresenta um processo com um conjunto de atividades, ações e tarefas adaptáveis com garantia de prazos e qualidade que podem ser aplicadas em qualquer desenvolvimento de *software* (QUADRO 1).

QUADRO 1 – ATIVIDADES ESTRUTURAIS

Atividade	Descrição
Comunicação	Compreender os objetivos das partes interessadas para com o projeto e fazer o levantamento das necessidades que ajudarão a definir as funções e características do software
Planejamento	Criação de um mapa que ajuda a guiar a equipe na sua jornada, este é definido como plano de projeto de <i>software</i> e define o trabalho de engenharia de <i>software</i> , descrevendo as tarefas técnicas a serem conduzidas, os riscos prováveis, os recursos que serão necessários, os produtos resultantes a serem produzidos e um cronograma de trabalho
Modelagem	Criação de um esboço de modo a ter uma visão do todo em termos de arquitetura, partes constituintes e características
Construção	Geração do código e testes de erros de codificação
Emprego	Entrega do <i>software</i> ao cliente para sua avaliação e <i>feedback</i>

FONTE: Adaptado de Pressman (2011).

As etapas deste trabalho (FIGURA 7), baseadas nesta metodologia básica, são definição das especificações do *software* com descrição detalhada do que deve compor o *software*, quais suas características funcionais e estéticas e o funcionamento do mesmo (planejamento), projeto do jogo no qual as especificações descritas na primeira etapa serão desenvolvidas e projetadas (modelagem), desenvolvimento do protótipo do *software* para avaliação e apresentação da demonstração (construção).



FONTE: o autor (2016).

Conforme a FIGURA 7 as etapas serão compostas pelas seguintes atividades:

- a) A fase inicial de planejamento envolve a atividade de definição de especificações, no qual foram detalhadas todas as características do

jogo didático, seus componentes, elementos gráficos, conteúdo textual, interface e sequência de processamento;

- b) Na fase seguinte de modelagem foi idealizado o projeto do jogo com as características gráficas, visuais, modo de apresentação dos conteúdos, interface com os usuários, modos de acesso, banco de dados de questões, entre outros elementos;
- c) Na fase de construção foi desenvolvido o protótipo do jogo didático de acordo com as definições das fases de planejamento e modelagem;
- d) Fase de verificação com a avaliação do protótipo através da aplicação do jogo a discentes do curso de Engenharia de Produção.
 - A avaliação do jogo foi realizada com o uso do questionário de avaliação de jogos educacionais (Anexo 1) baseado na metodologia do *Software Quality Group* (GQS) do departamento de Informática e Estatística da Universidade Federal de Santa Catarina;
 - O questionário é composto por 27 afirmações no qual o avaliador responde se concorda ou discorda em uma escala de - 2 até + 2. As afirmações são direcionadas a avaliação dos itens de atenção, relevância, confiança, satisfação, imersão, interação, desafio, divertimento, competência e aprendizagem de curto e longo prazo ao jogar. Também é avaliado em uma escala de 0 a 5 pontos, o nível de conhecimento antes e depois do jogo, das ferramentas do CEP e de situações para aplicação do CEP, considerando a lembrança do que é, compreensão do funcionamento e aplicação na prática. Por fim, o avaliador cita 3 pontos fortes e 3 sugestões de melhoria.

4 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

O protótipo desenvolvido consiste na simulação de um centro de treinamento sobre CEP, o CTCEP, que aborda as ferramentas histograma, gráfico de Pareto, diagrama de causa e efeito, gráficos de controle por variáveis \bar{x} e R e capacidade do processo, gráficos de controle por atributos p e c , folha de verificação e diagrama de dispersão distribuídas em 5 níveis sequenciais:

- A. Diagrama de dispersão e histograma;
- B. Diagrama de causa e efeito e diagrama de defeito concentração;
- C. Folha de verificação e gráfico de Pareto;
- D. Gráficos de controle por variáveis e capacidade do processo;
- E. Gráficos de controle por atributos.

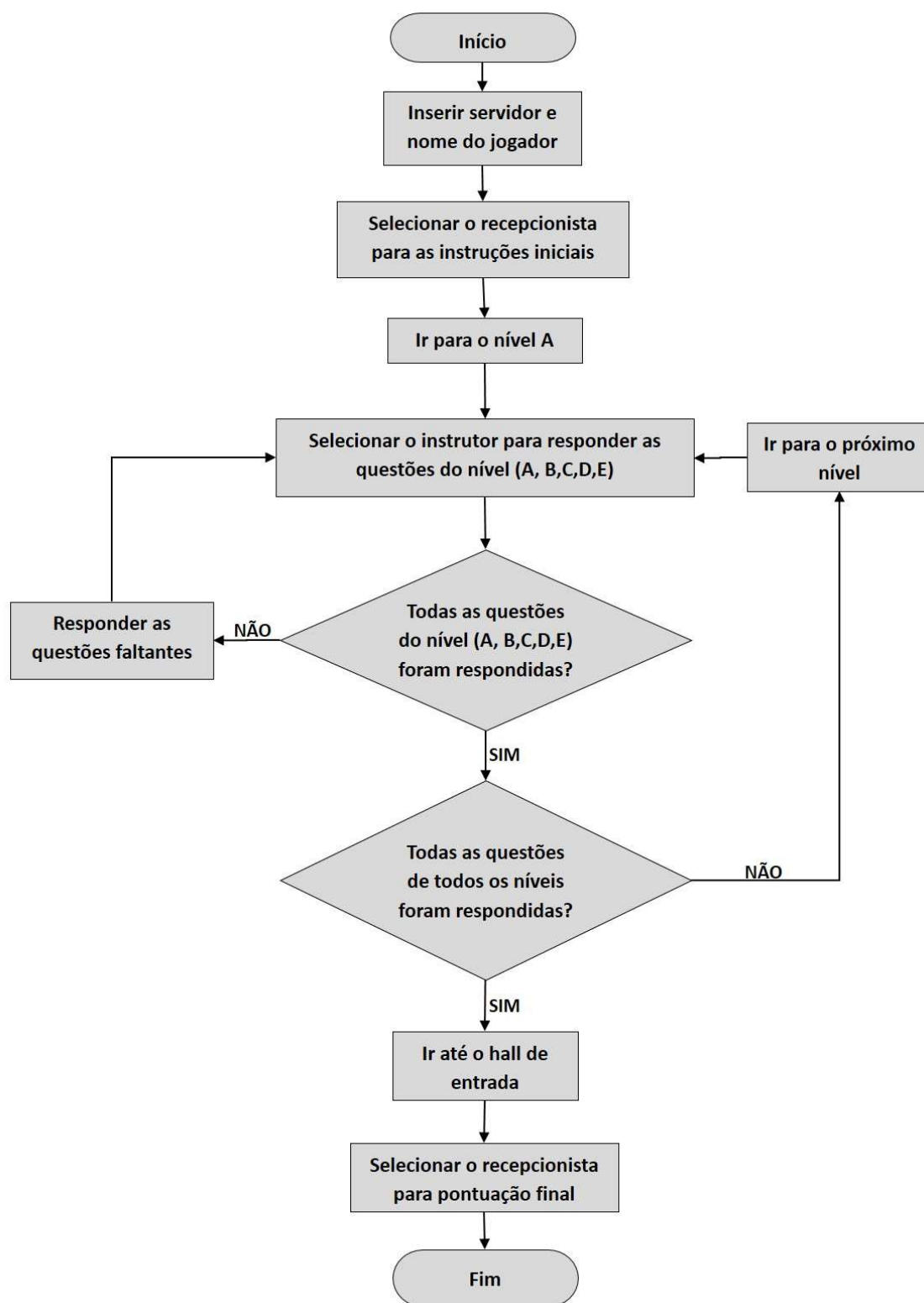
A interface do jogo será simples e objetiva, focada na concentração e aprendizagem do jogador, a visão geral, com todos os setores é conforme FIGURA 8 e o sequenciamento do jogo é de acordo com fluxograma apresentado na FIGURA 9.

FIGURA 8 – VISÃO GERAL



FONTE: o autor (2016).

FIGURA 9 – FLUXOGRAMA

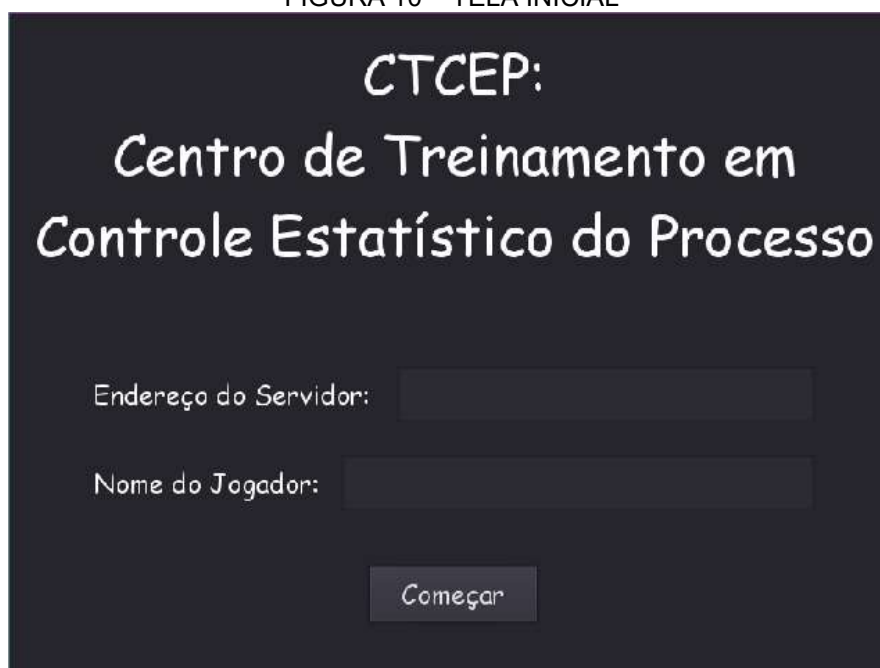


FONTE: o autor (2016).

Para iniciar o jogo é preciso inserir o servidor e o nome, conforme FIGURA 10 e após o cadastro, o discente é direcionado ao hall, no qual é

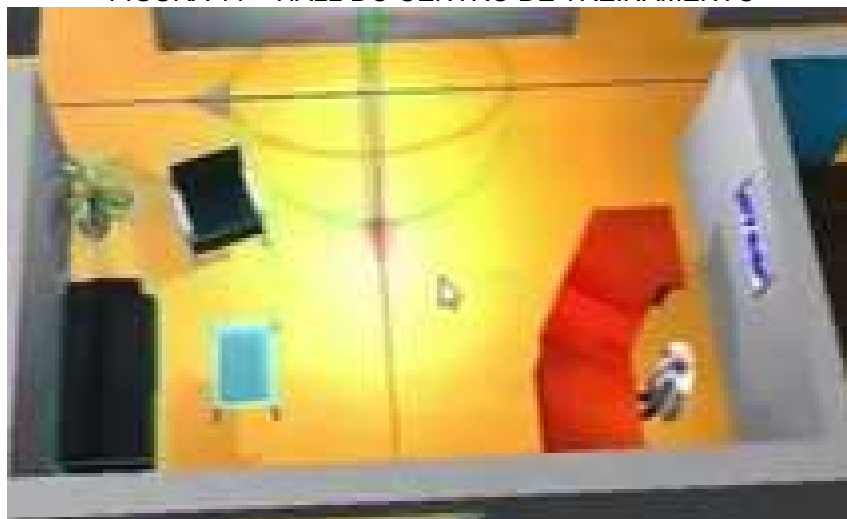
recepcionado pelo coordenador do CTCEP, e apresentado o objetivo e as regras do jogo, conforme FIGURA 11.

FIGURA 10 – TELA INICIAL



FONTE: o autor (2016).

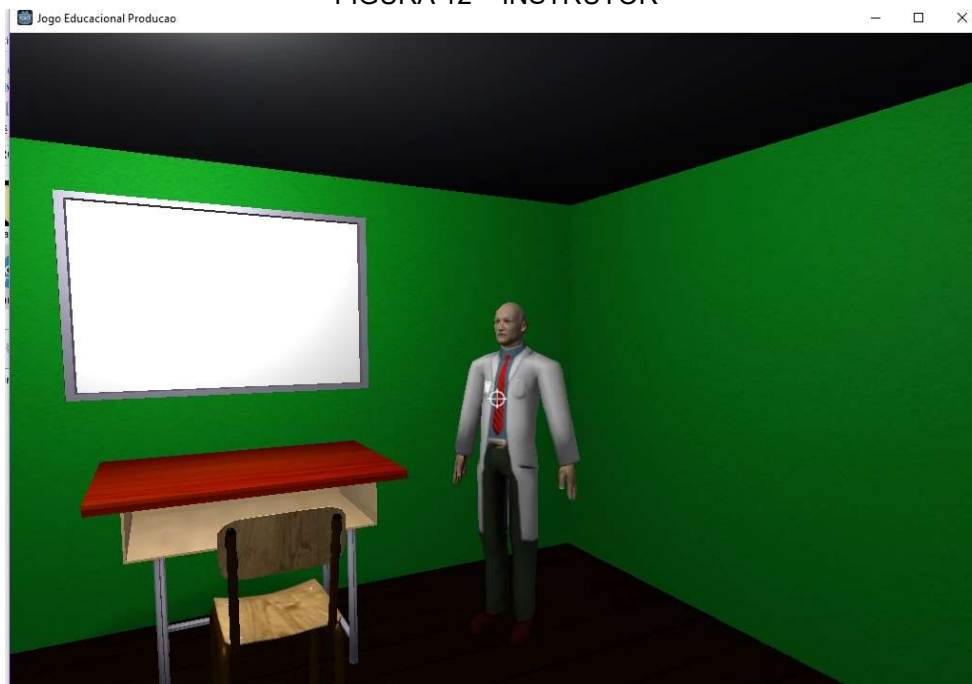
FIGURA 11 – HALL DO CENTRO DE TREINAMENTO



FONTE: o autor (2016).

Na sequência o discente se dirige a primeira sala de estudos, correspondente ao nível 1 para responder as perguntas sobre diagrama de dispersão e histograma, sempre sendo recebido por um tutor que introduz o estudo, conforme FIGURA 12 e 13.

FIGURA 12 – INSTRUTOR



FONTE: o autor (2016).

FIGURA 13 – QUESTÃO

Os dados seguintes representam o resultado em 90 lotes consecutivos de substrato cerâmico aos quais se aplicou um revestimento de metal por um processo de deposição a vapor. Construa o histograma, faça análise dos dados e escolha a alternativa correta.

a) A concentração dos dados é igual nas duas primeiras faixas de 83 a 96,2, a média é de 90 e o desvio padrão de 4

b) A concentração dos dados é igual nas duas primeiras faixas de 83 a 96,2, a média é de 95 e o desvio padrão de 4

c) A concentração dos dados é igual nas duas primeiras faixas de 83 a 96,2, a média é de 90 e o desvio padrão de 6

94.1	87.3	94.1	92.4	84.6	85.4	92.4	83.0	89.6	87.7	90.1	87.3	95.6	84.5	96.0
93.2	84.1	92.1	90.6	83.6	86.6	87.3	95.3	90.3	90.6	94.3	82.9	90.0	83.1	91.1
90.6	90.1	96.4	89.1	85.4	91.7	86.6	94.1	93.1	89.4	97.3	83.7	93.7	87.6	89.1
91.4	95.2	88.2	88.8	89.7	87.5	91.2	97.8	94.6	88.6	96.8	84.1	87.3	90.5	89.6
88.2	86.1	86.4	86.4	87.6	87.5	86.1	93.1	96.3	84.1	94.4	88.3	86.7	84.0	84.9
86.1	94.3	85.0	85.1	85.1	85.1	90.4	86.4	94.7	82.6	96.1	86.4	90.0	93.2	95.1

a b c Continuar

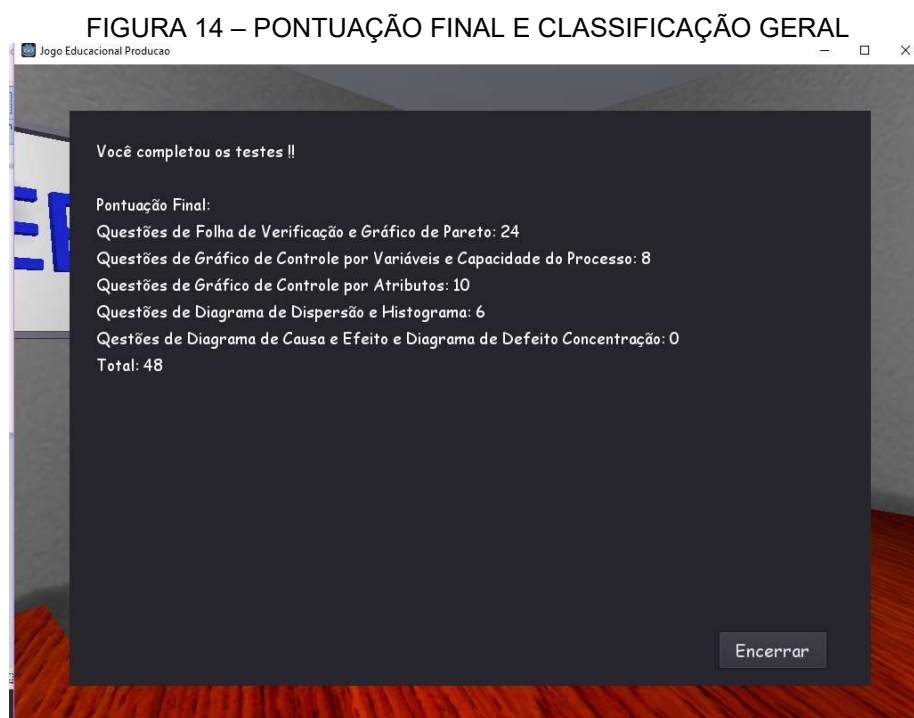
FONTE: o autor (2016).

Em cada um dos níveis deverão ser respondidas 5 questões selecionadas aleatoriamente do banco de dados sendo estas diretas, verdadeiro ou falso, gráficas, objetivas ou de múltipla escolha. Projeta-se que para o jogo final, o banco de dados inicial seja composto por pelo menos, 30 questões sobre

cada ferramenta e este pode ser alterado pelo docente com exclusão ou inclusão de questões através de alimentação do banco de dados no PostgreSQL, para o protótipo o banco de dados foi alimentado com 5 questões sobre cada ferramenta para a etapa de avaliação (Apêndice 1). Cada nível tem uma pontuação específica, sendo:

- a) Nível 1: 2 pontos por questão;
- b) Nível 2: 4 pontos por questão correta;
- c) Nível 3: 6 pontos por questão correta;
- d) Nível 4: 8 pontos por questão correta;
- e) Nível 5: 10 pontos por questão correta.

Assim o discente evolui nível a nível até retornar ao hall, no qual o coordenador apresentará os acertos em cada setor (FIGURA 14) e o docente da disciplina pode ter acesso à pontuação de todos os discentes e assim gerar ranking e nota.



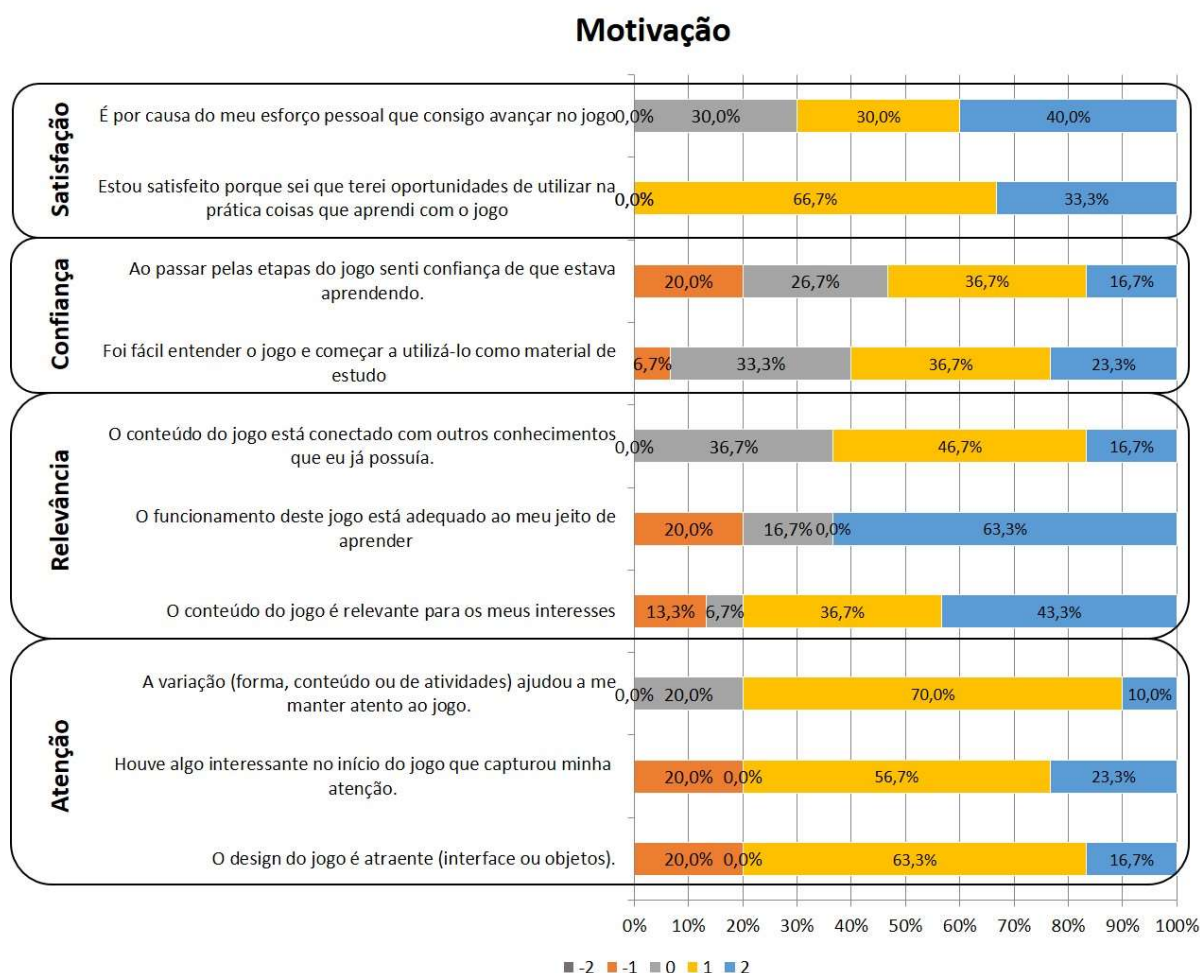
FONTE: o autor (2016).

4.1 AVALIAÇÃO DO PROTÓTIPO

O protótipo foi avaliado por 30 discentes da disciplina de Controle Estatístico do Processo que tiveram desempenho satisfatório no ensino teórico da disciplina. As porcentagens dos índices são apresentadas de acordo com a avaliação positiva.

Os resultados da avaliação são apresentados nos gráficos a seguir, na escala de - 2 a + 2 de concordância, iniciando em discordo fortemente até concordo fortemente. O primeiro item avaliado foi motivação, dividido em 4 itens, sendo estes: Satisfação; Confiança; Relevância; e, Atenção, com apresentação dos resultados no GRÁFICO 6.

GRÁFICO 6 – MOTIVAÇÃO



FONTE: o autor (2016).

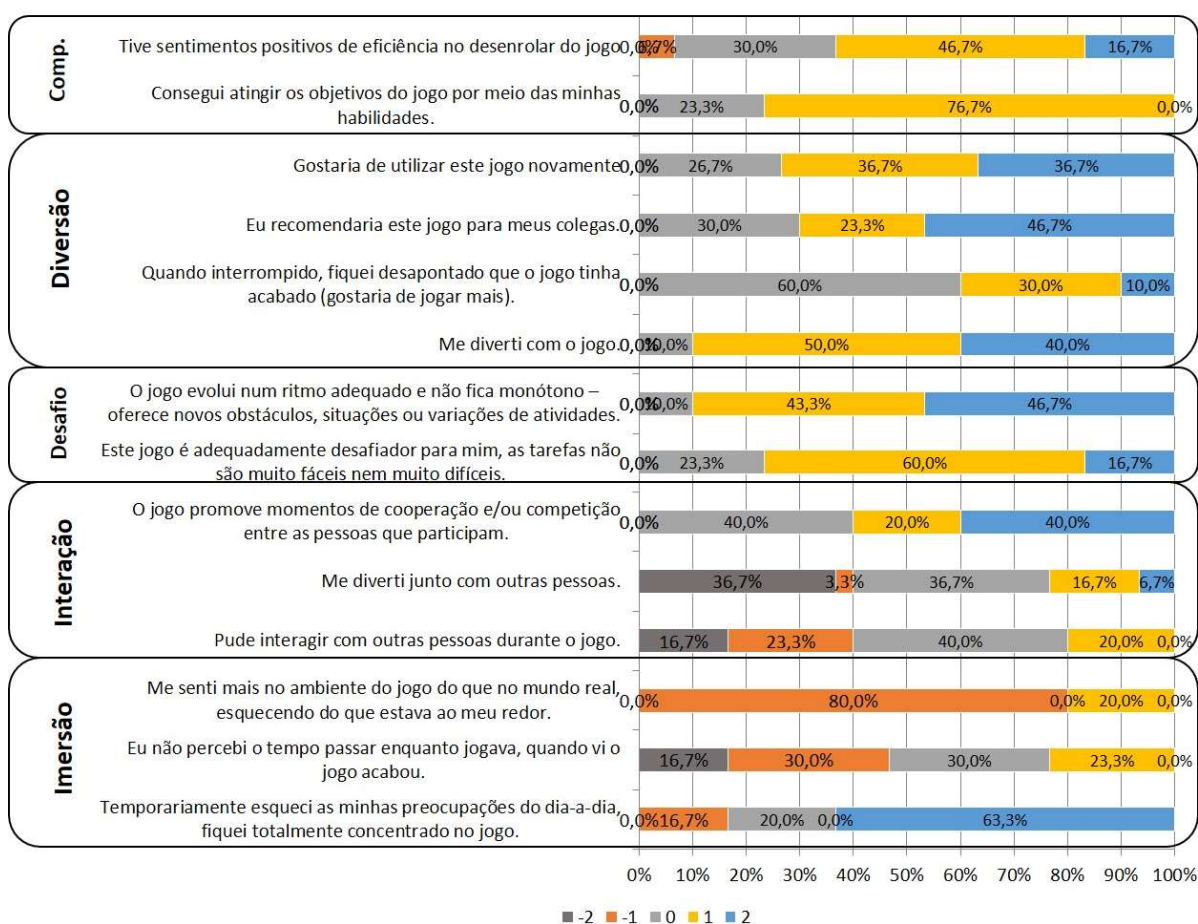
O índice médio da motivação foi de 73% evidenciando que os quesitos vinculados a este item, conforme GRÁFICO 6 são satisfatórios, com destaque

para utilização prática no quesito satisfação com 100% e ao quesito de confiança com 57% no qual deve ser dada atenção para conquistar o discente e convencê-lo de que o jogo é um material de estudo e gera aprendizado.

O segundo item avaliado foi experiência de usuário com os critérios: Compreensão; Diversão; Desafio; Interação; e, Imersão, com apresentação dos resultados no GRÁFICO 7.

GRÁFICO 7 – EXPERIÊNCIA

Experiência de usuário



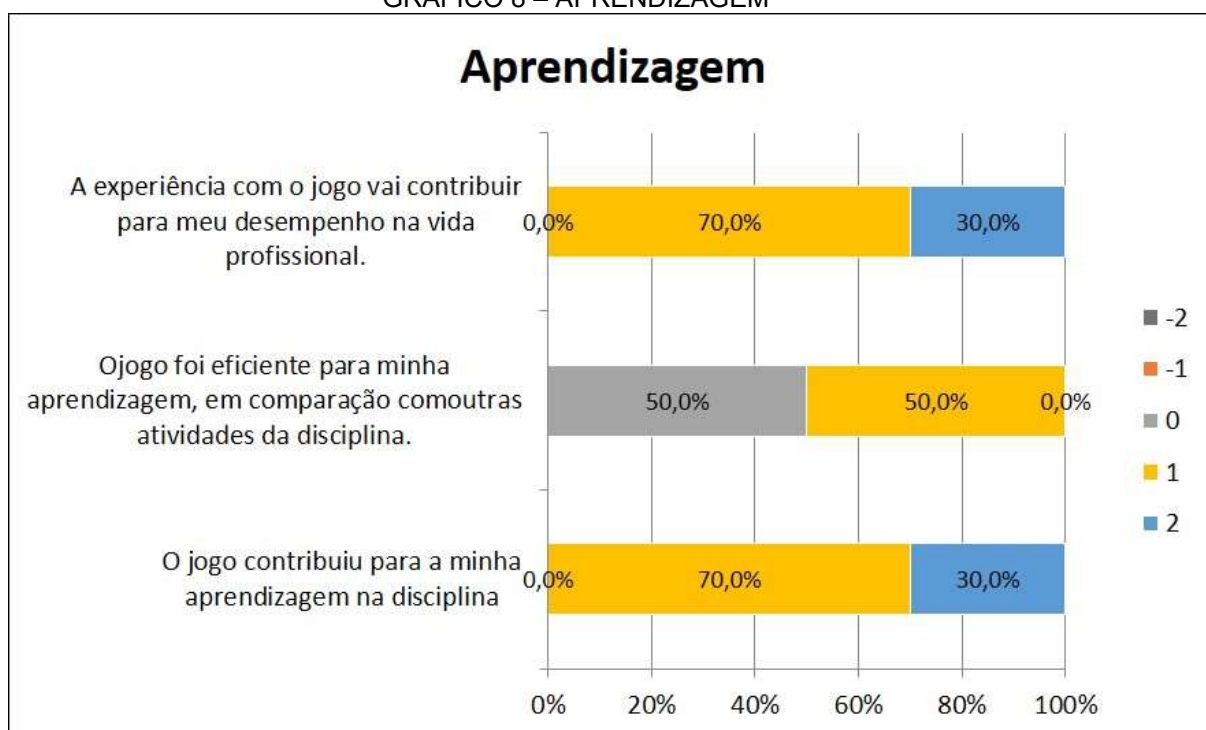
FONTE: o autor (2016).

O índice médio da experiência de usuário foi de 56% evidenciando a necessidade de avaliar e efetuar melhorias nos quesitos vinculados a este item, conforme GRÁFICO 7, principalmente em relação a interação entre os usuários e a imersão no jogo, podendo realizar melhorias como medidor de desempenho de todos os discentes online gerando uma competição, disponibilização do ranking geral ao final da rodada, vídeos de simulação de situações para

aplicação, imagens de processos produtivos com o objetivo de tornar o ambiente do jogo mais atrativo e assim prender a atenção dos discentes fazendo com que queiram jogar cada vez mais.

O terceiro item avaliado foi a aprendizagem (GRÁFICOS 8) nos quesitos contribuição para o desempenho na vida profissional e contribuição para o aprendizado da disciplina com 100% e, eficiência em relação as outras atividades com 50% sendo necessário melhorias para tornar a ferramenta mais atrativa que as já utilizadas, estado de acordo com as necessidades identificadas nos itens avaliados anteriormente.

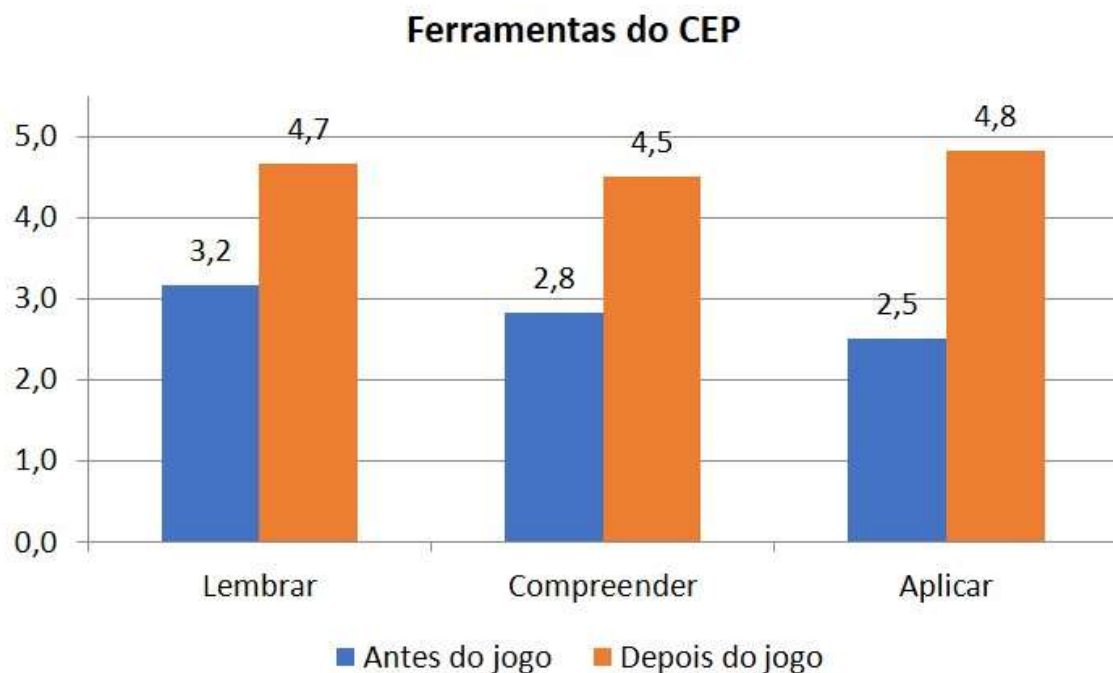
GRÁFICO 8 – APRENDIZAGEM



FONTE: o autor (2016).

A aprendizagem também foi avaliada quanto a lembrança, compreensão e aplicação das ferramentas do CEP e identificação de situações de aplicação do CEP antes e depois do jogo em uma pontuação de 0 a 5 para cada item (GRÁFICOS 9 e 10).

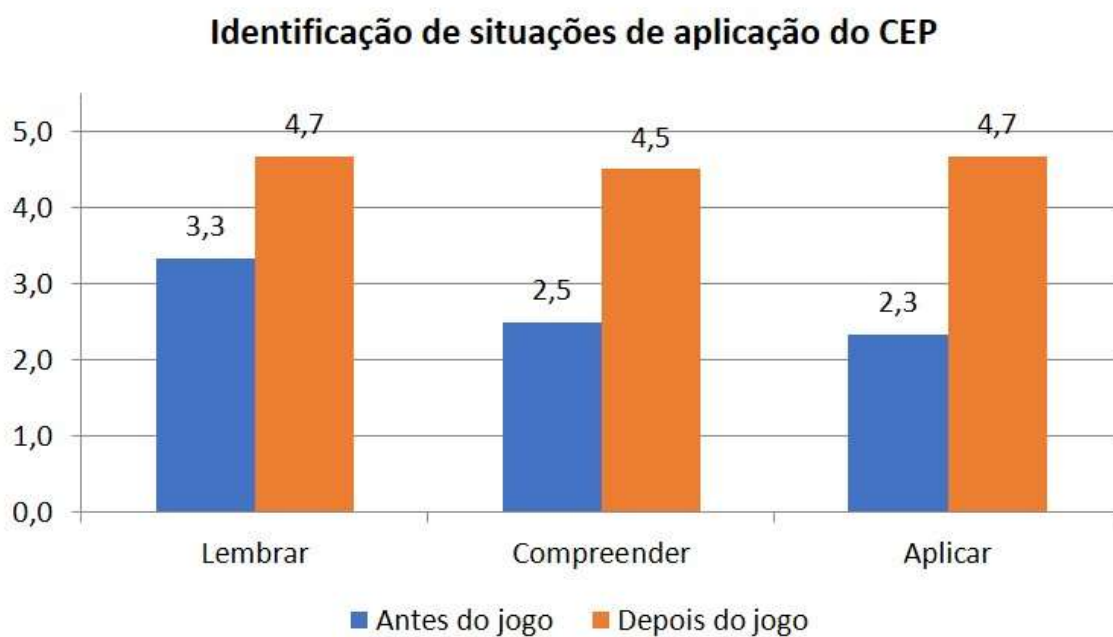
GRÁFICO 9 – FERRAMENTAS DO CEP



FONTE: o autor (2016).

Conforme GRÁFICO 9 para as ferramentas do CEP a lembrança do que são aumentou 47%, a compreensão 59% e a aplicação 93% evidenciando que o jogo contribui para melhor compreensão e fixação das ferramentas do CEP.

GRÁFICO 10 – SITUAÇÕES DE APLICAÇÃO DO CEP



FONTE: o autor (2016).

Conforme GRÁFICO 10 para a identificação de situações de aplicação do CEP a lembrança aumentou 40%, a compreensão 80% e a aplicação 100% evidenciando que o jogo contribui para a identificação de onde e como aplicar a técnica de CEP na carreira profissional.

Portanto, de acordo com os resultados obtidos nos índices de avaliação do protótipo, deve se dar mais atenção aos requisitos de experiência do usuário, principalmente nos itens de interação e imersão.

Quanto aos pontos fortes do jogo foram listados os seguintes:

- Divisão do jogo bem realizada;
- Boa disposição de cores e visibilidade;
- Boa atribuição de peso às questões;
- Fácil compreensão do funcionamento;
- Aparência lúdica;
- Semelhança ao professor em sala de aula;
- Retenção da atenção;
- Agregação de valor educacional;
- Semelhança a videogame;
- Dinâmica de jogo: acertos e erros;
- Transmissão de conhecimento.

Quanto as melhorias sugeridas, foram listadas as seguintes:

- Mudança da mira para objeto didático;
- Disponibilização do ranking para os discentes;
- Medidor de desempenho;
- Objetivo e vantagem do jogo apresentado de forma clara;
- Detalhamento dos acertos e erros em cada ferramenta;
- Desenvolvimento gráfico;
- Qualidade visual.

Sendo assim, as melhorias indicadas pelos discentes serão atingidas pelas mudanças propostas ao longo da avaliação do protótipo.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Na avaliação das ferramentas de CEP foi identificado que a abordagem de gráficos de controle mais complexos como CUSUM e EWMA não é viável neste momento devido a necessidade de programação avançada, além da incorporação de outros programas ao jogo didático.

Durante a mesma análise foi identificado qual a melhor sequência e agrupamento das ferramentas por nível e pontuação progressiva, de acordo com a complexidade da resolução de cada ferramenta.

Em relação aos parâmetros do jogo, estes foram definidos baseados no conhecimento adquirido na pesquisa bibliográfica sobre *design* instrucional, gamificação e jogos educativos, além de busca informal sobre jogos e o que é desenvolvido atualmente no comércio.

Para o banco de dados foram selecionadas questões de livros sobre CEP e qualidade, mas com a simples alimentação de questões fixas e por mais que se tenha a seleção aleatória destas, há a possibilidade das questões se repetirem com frequência e o desafio do jogo não ser mais um ponto forte, sendo assim, é necessário inserir questões randômicas no qual os enunciados são fixos e os valores aleatórios a cada nova rodada, gerando inúmeras questões. Porém para esta inserção faz-se necessário a integração de outros *softwares* ao programa original e um estudo detalhado de como integrá-los.

Em relação a gamificação, com o estudo realizado conclui-se que a inserção desta no ensino e aprimoramento do conhecimento teórico é de grande valia, pois com os avanços tecnológicos e a exigência dos discentes por dinamismo e flexibilidade, a gamificação contribui com o desenvolvimento de ferramentas que atendam a estas expectativas.

Por fim, com o desenvolvimento do protótipo e sua avaliação foi possível identificar que jogos educacionais podem contribuir para melhor compreensão dos discentes quanto a prática de técnicas ensinadas na engenharia, sendo satisfatório no quesito de motivação e aprendizagem.

5.1 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Recomenda-se para pesquisas futuras estudo bibliográfico sobre referenciais pedagógicos que podem auxiliar na evolução do protótipo em todos os conceitos que este se propõe a atingir, ensino, diversão, simulação, prática e raciocínio lógico.

Outro ponto é o estudo de outros programas complementares para o desenvolvimento de um jogo mais complexo, dinâmico e competitivo, além de diferencial devido a possibilidade de diversidade de questões aleatórias e randômicas que podem ser criadas com o aprimoramento deste protótipo.

Por fim, recomenda-se a avaliação de parâmetros de jogos que contribuem para maior interação e imersão dos discentes no ambiente de jogo, avaliação de parâmetros de interface gráfica que atraem os discentes e métodos de apresentação de resultados que gerem competitividade.

REFERÊNCIAS

ABEPRO. **Áreas e subáreas de Engenharia de produção**. 2008. Disponível em: < <http://abepro.org.br/interna.asp?p=399&m=424&ss=1&c=362>>. Acesso em: 04 out. 2016.

ALVES, Lynn Rosalina Gama; MINHO, Marcelle Rose da Silva; DINIZ, Marcelo Vera Cruz. Gamificação: Diálogos com a educação. In: FADEL, Luciane Maria et al. **Gamificação na educação**. São Paulo: Pimenta Cultural, 2014. Cap. 3. p. 74-97. Disponível em: <http://www2.dbd.puc-rio.br/pergamum/docdigital/PimentaCultural/gamificacao_na_educacao.pdf>. Acesso em: 06 ago. 2016.

ARAUJO, Elenise Maria; OLIVEIRA NETO, José Dutra. *Design* instrucional de uma disciplina de pós-graduação em engenharia de produção: estratégias de aprendizagem colaborativa em ambiente virtual. **Revista de ensino de engenharia**, v. 28, n.2, p. 29-39, 2009. Semestral. Disponível em: <<http://www.abenge.org.br/revista/index.php/abenge/issue/view/20>>. Acesso em: 03 ago. 2016.

BITTENCOURT, Carla Simone; GRASSI, Daiane; ARUSIEVICZ, Fernanda; TONIDANDEL, Iara. Aprendizagem colaborativa apoiada por computador. **Novas Tecnologias na Educação**, v. 2, n.1, mensal, 2004. Disponível em: <<http://www.seer.ufrgs.br/renote/article/viewFile/13657/7945>>. Acesso em: 12 mar. 2016.

BUENO, Fabricio. **Jogo educacional para o ensino de estatística**. Chapecó: Trilha de Games & Cultura, Universidade Federal da Fronteira Sul, 2010. Disponível em: <<https://fabriciobueno.files.wordpress.com/2010/12/short8.pdf>>. Acesso em: 12 mar. 2016.

BRAGHIROLI, Lynceo Falavigna; RIBEIRO, José Luis Duarte; WEISE, Andreas Dittmar; PIZZOLATO, Morgana. Benefits of educational games as an introductory activity in industrial engineering education. **Computers in Human Behavior**, v. 58, p. 315-324, 2016. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0747563215303344>>. Acesso em: 31 mar. 2016.

BRAZIL, André L.; BARUQUE, Lúcia B. Gamificação aplicada na graduação em jogos digitais. **XXVI Simpósio Brasileiro de Informática na Educação**. Sociedade Brasileira de Educação, 2015. Disponível em: <<http://www.br-ie.org/pub/index.php/sbie/article/view/5338>>. Acesso em: 25 fev. 2017.

CARLBERG, Patrick. **EWMA and CUSUM charts**. Statistical Process Analysis, 2013. Disponível em: <http://www.statisticalprocessanalysis.eu/main_pages/by%20subject/spc/ewma-n-cusum.html>. Acesso em: 31 mar. 16.

COSTA, Antônio Fernando Branco; EPPRECHT, Eugênio Kahn; CARPINETTI, Luiz Cesar Ribeiro. **Controle estatístico da qualidade**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2014.

DEMING, William Edwards. **Qualidade: a revolução na administração**. Rio de Janeiro: Marques Saraiva, 1990.

DETERDING, Sebastian et al. Gamification: Toward a definition. **1º Chi Workshop Gamification: Using game design elements in non-game contexts**, Vancouver, p.1-4, abr. 2011. Anual. Disponível em: <<http://gamification-research.org/chi2011/papers/>>. Acesso em: 03 ago. 2016.

EDOOLS. **Como inovar sua instituição de ensino com tecnologia educacional**. WPensar, 2016. Disponível em: <<http://conteudo.edools.com/ebook-tecnologia-educacional>>. Acesso em: 04 jul. 2016.

FALCONI, Vicente. **TQC – Controle da qualidade total**. 2. ed. Minas Gerais: INDG, 2004.

FILATRO, Andrea. **Design instrucional na prática**. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2008.

_____; PICONEZ, Stela Conceição Bertholo. *Design Instrucional Contextualizado*. **11º Congresso Internacional de Educação a Distância**, ABED, 2004. Anual. Disponível em: <<http://www.abed.org.br/congresso2004/por/htm/049--TC-B2.htm>>. Acesso em: 29 jun. 2016.

GARVIN, David A. Competing in the eight dimensions of quality. **Harvard Business Review**, Brighton, v. 87, n. 6, p.101-109, nov. 1987. Mensal. Disponível em: <<https://hbr.org/1987/11/competing-on-the-eight-dimensions-of-quality>>. Acesso em: 12 mar. 2016.

GEE, James Paul. **What games have to teach us about learning and literacy**. New York: Palgrave MacMillan, 2007.

GIANNAKOS, Michail N. Enjoy and learn with educational games: examining factors affecting learning performance. **Computers & Education**, v. 68, p. 429-439, 2013. Disponível em: <<http://users.ionio.gr/~mgiannak/CAE2013.pdf>>. Acesso em: 31 mar. 2016.

GRAMIGNA, Maria Rita Miranda. **Jogos de empresa**. São Paulo: Makron Books, 2000.

GRANT, Eugene Lodewick; LEAVENWORTH, Richard S. **Statistical quality control**. 7. ed. India: McGraw-Hill Education, 2000.

JUCÁ, Paulyne M.; ALEXANDRINO, Alex O.; ROLIM, Germana F.; ALMEIDA, Carlos Diego A. Aplicação da gamificação na disciplina de empreendedorismo. **XXII Workshop sobre educação em computação**. Universidade Federal do Ceará, 2014. Disponível em: <<http://www.lbd.dcc.ufmg.br/colecoes/wei/2014/008.pdf>>. Acesso em: 25 fev. 2017.

JURAN, Joseph M.; DE FEO, Joseph A. **Juran's quality handbook: the complete guide to performance excellence**. 6. ed. New York: McGraw-Hill Professional, 2010.

KAPP, Karl M. **The Gamification of learning and instruction: Game-based methods and strategies for training and education.** San Francisco: Pfeiffer, 2012.

MACEDO, Claudia Mara Scudelari de. **Diretrizes para criação de objetos de aprendizagem acessíveis.** 271 f. Tese (Doutorado) – Curso de Engenharia e Gestão do Conhecimento. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2010. Disponível em: <<http://www.egov.ufsc.br/portal/sites/default/files/claudia-mara-scudelari-de-macedo.pdf>>. Acesso em: 20 mai. 2016.

MONTGOMERY, Douglas. C. **Introdução ao controle estatístico de qualidade.** 4. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2004.

_____.; RUNGER, George C. **Estatística aplicada e probabilidade para engenheiros.** 5. ed. São Paulo: LTC, 2013.

PALADINI, Edson Pacheco. **Avaliação estratégica da qualidade.** 2. ed. São Paulo: Atlas, 2011.

PRESSMAN, Roger S. **Engenharia de software: uma abordagem profissional.** 7. ed. Porto Alegre: AMGH, 2011.

PRODANOV, Cleber Cristiano; FREITAS, Ernani Cesar de. **Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas de pesquisa e do trabalho acadêmico.** 2. ed. Novo Hamburgo: Universidade FEEVALE, 2013.

RAUSIS, Bruno Zacchi; SOARES, Gustavo Machado. **Desenvolvimento de um jogo educacional para o ensino de gerenciamento de projetos em cursos de graduação na área de computação.** 92 fls. Trabalho de Graduação (Bacharelado em Sistemas de Informação) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2011. Disponível em: <http://www.gqs.ufsc.br/wp-content/uploads/2011/11/2011_Gustavo_Machado_Bruno_Rausis.pdf>. Acesso em: 12 mar. 2016.

REIS, Marcelo Menezes. **Um modelo para o ensino de controle estatístico da qualidade.** 380 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia de Produção, Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2001. Disponível em: <<http://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/79748>>. Acesso em: 12 mar. 2016.

SALEN, Katie; ZIMMERMAN, Eric. **Rules of play: game Design fundamentals.** Massachusetts: The MIT Press, 2004.

SANTOS, Alysson Diniz dos; CARVALHO, Windson Viana de; MELO JUNIOR, Antonio José; MENDONÇA JUNIOR, Glaudiney; SOUZA JUNIOR, Herbenio Casciano de; MELO FILHO, Antônio Aldo. Inserção e técnicas de gamificação e realidade aumentada para auxílio no ensino de medicina. **Workshop on Virtual, Augmented Reality and Games.** Sociedade Brasileira de Educação, 2013. Disponível em: <http://www.sbgames.org/sbgames2013/proceedings/workshop/WorkshopVAR-12_Full.pdf>. Acesso em: 25 fev. 2017.

SCARTEZINI, Luís Maurício Bessa. **Análise e melhoria de processos**. Goiânia: 2009.

SCHACH, Stephen R. **Engenharia de software**: os paradigmas clássico e orientado a objetos. 7. ed. Porto Alegre: AMGH, 2010.

SEBRAE. **Manual de ferramentas da qualidade**. 2005. Disponível em: <<http://www.dequi.eel.usp.br/~barcza/FerramentasDaQualidadeSEBRAE.pdf>>. Acesso em: 04 jul. 2016.

SILVA, Andreza Regina Lopes da; CASTRO, Luciano Patricio Souza de. A relevância do *design* instrucional na elaboração de material didático impresso para cursos de graduação a distância. **Revista Intersaberes**, v. 4, n. 8, p. 136-146, dez 2009. Disponível em: <<http://www.grupouninter.com.br/intersaberes/index.php/revista/article/view/153>>. Acesso em: 31 mai. 2016.

SLACK, Nigel; CHAMBERS, Stuart; JOHNSTON, Robert. **Administração da produção**. 2 ed. São Paulo: Atlas, 2002.

TASPINAR, Bahar; SCHMIDT, Werner; SCHUHBAUER, Heidi. Gamification in education: a board game approach to knowledge acquisition. **International Conference on Knowledge Management**. Elsevier, 2016. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877050916322499>>. Acesso em: 25 fev. 2017.

TRACTENBERG, Regis. Curso teoria e prática do *design* instrucional. **Livre docência – tecnologia educacional**, 2016. Disponível em: <<http://www.livredocencia.com.br/home/curso-teoria-e-pratica-do-design-instrucional/>>. Acesso em: 27 jun. 2016.

VASCONCELLOS, Celso dos Santos. **Construção do conhecimento em sala de aula**. São Paulo: Libertad, 1999.

WERKEMA, Maria Cristina. **Ferramentas estatísticas básicas para o gerenciamento de processos**. Belo Horizonte: Werkema Editora Ltda., 2006.

APÊNDICES

APÊNDICE 1 – QUESTÕES	70
-----------------------------	----

APÊNDICE 1 – QUESTÕES

- 1) O fabricante de um filme fotográfico de alta velocidade fez a coleta do tempo de armazenamento dos filmes, em dias, para estudar o tempo de vida deste material. Construa o histograma, faça análise dos dados e escolha a alternativa correta.

126	129	134	141	120	122	129	133
131	132	136	145	125	111	147	129
116	128	130	162	150	148	126	140
125	126	134	129	130	120	117	131
134	127	120	127	149	117	143	133

- a) A concentração dos dados está na faixa de 122 a 133 dias, a média é de 131 dias, a mediana é de 130 dias, o desvio padrão é de 11 dias e a amplitude é de 51 dias
- b) A concentração dos dados está na faixa de 111 a 122 dias, a média é de 131 dias, a mediana é de 129 dias, o desvio padrão é de 10 dias e a amplitude é de 51 dias
- c) A concentração dos dados está na faixa de 122 a 133 dias, a média é de 140 dias, a mediana é de 130 dias, o desvio padrão é de 11 dias e a amplitude é de 60 dias

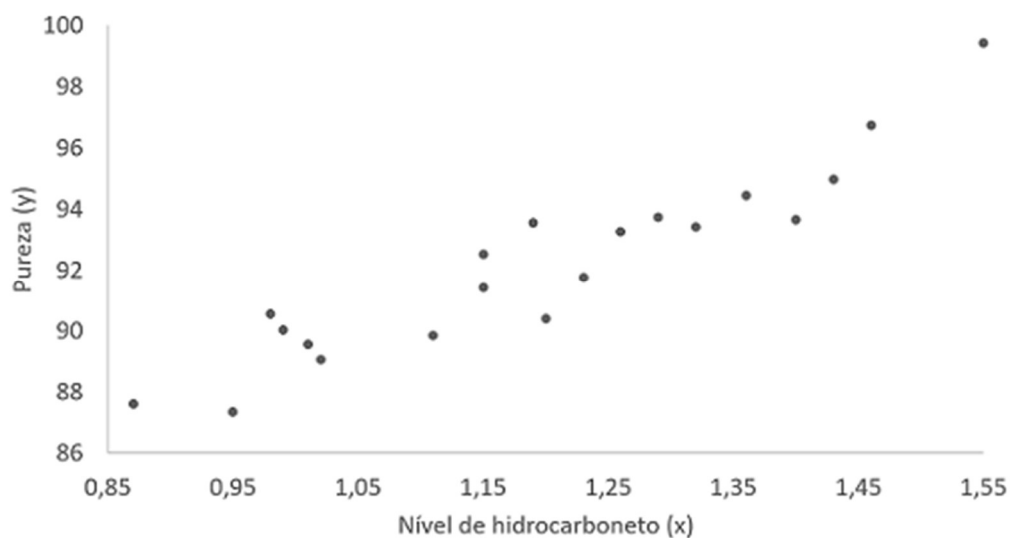
- 2) Têm-se abaixo, a porcentagem de algodão em um material usado para a fabricação de camisas de homens. Construa o histograma, faça análise dos dados e escolha a alternativa correta.

34.2	33.6	33.8	34.7	37.8	32.6	35.8	34.6
33.1	34.7	34.2	33.6	33.6	33.1	37.6	33.6
34.5	35.0	33.4	32.5	35.4	34.6	37.3	34.1
35.6	35.4	34.7	34.1	34.6	35.9	34.6	34.7
34.3	36.2	34.6	35.1	33.8	34.7	35.5	35.7
35.1	36.8	35.2	36.8	37.1	33.6	32.8	36.8
34.7	35.1	35.0	37.9	34.0	32.9	32.1	34.3
33.6	35.3	34.9	36.4	34.1	33.5	34.5	32.7

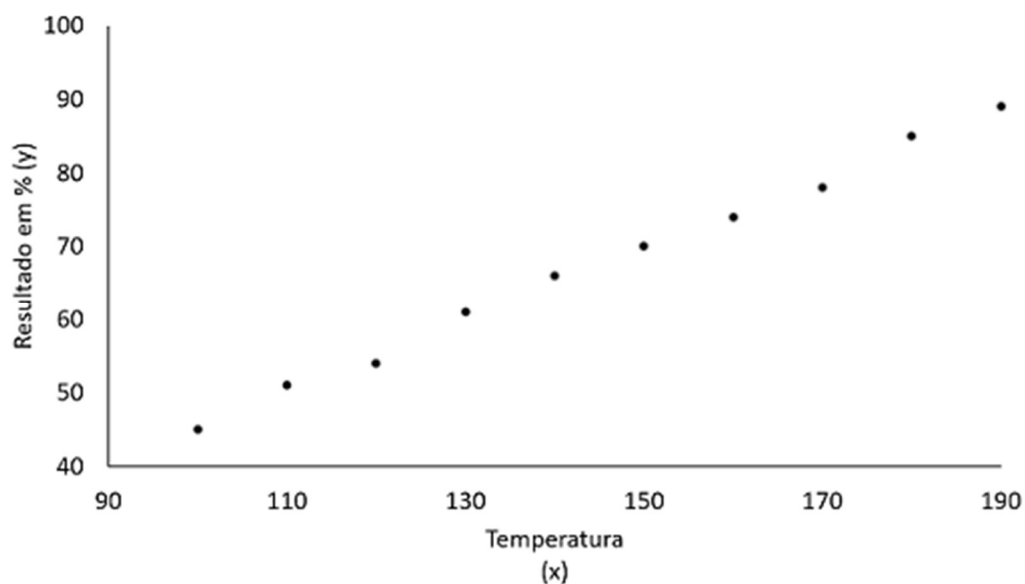
- a) A concentração dos dados está na faixa de 33.3% a 34.5%, a média é de 35%, a mediana é de 35% e o desvio padrão de 3%
- b) A concentração dos dados está na faixa de 33.3% a 34.5%, a média é de 38%, a mediana é de 35% e o desvio padrão de 1%
- c) A concentração dos dados está na faixa de 34.5% a 35.7%, a média é de 35%, a mediana é de 35% e o desvio padrão de 1%
- 3) Os dados seguintes representam o resultado em 90 lotes consecutivos de substrato cerâmico aos quais se aplicou um revestimento de metal por um processo de deposição a vapor. Construa o histograma, faça análise dos dados e escolha a alternativa correta.

94.1	87.3	94.1	92.4	84.6	85.4	92.4	83.0	89.6	87.7	90.1	87.3	95.6	84.5	98.0
93.2	84.1	92.1	90.6	83.6	86.6	87.3	95.3	90.3	90.6	94.3	82.9	90.0	83.1	91.1
90.6	90.1	96.4	89.1	85.4	91.7	86.6	94.1	93.1	89.4	97.3	83.7	93.7	87.6	89.1
91.4	95.2	88.2	88.8	89.7	87.5	91.2	97.8	94.6	88.6	96.8	84.1	87.3	90.5	89.6
88.2	86.1	86.4	86.4	87.6	87.5	86.1	93.1	96.3	84.1	94.4	88.3	86.7	84.0	84.9
86.1	94.3	85.0	85.1	85.1	85.1	90.4	86.4	94.7	82.6	96.1	86.4	90.0	93.2	95.1

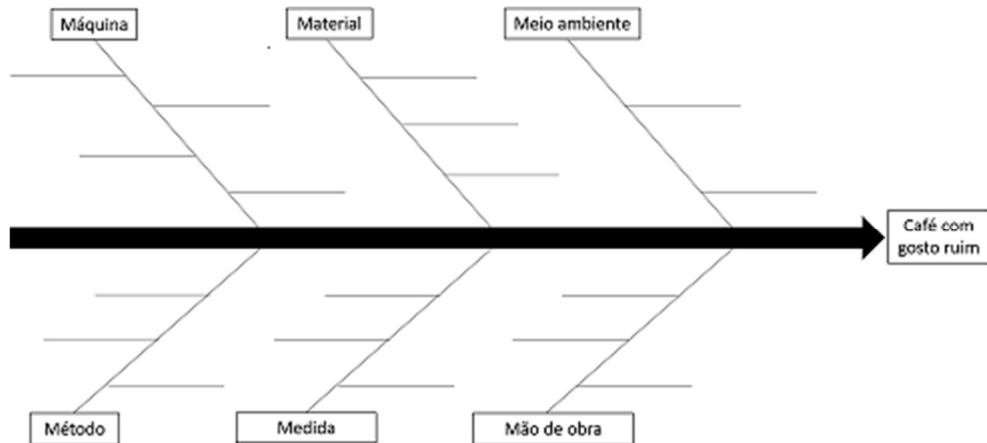
- a) A concentração dos dados é igual nas duas primeiras faixas de 83 a 96.2, a média é de 90 e o desvio padrão de 4
- b) A concentração dos dados é igual nas duas primeiras faixas de 83 a 96.2, a média é de 95 e o desvio padrão de 4
- c) A concentração dos dados é igual nas duas primeiras faixas de 83 a 96.2, a média é de 90 e o desvio padrão de 6
- 4) Um processo químico de destilação produz oxigênio e retém hidrocarboneto no condensador principal da unidade de destilação. Vinte amostras foram analisadas e construído o diagrama de dispersão pureza (y) x nível de hidrocarbonetos (x) abaixo. Analisando o diagrama identifica-se que há uma correlação elevada positiva, verdadeiro ou falso?



- 5) Um engenheiro químico está estudando o efeito da temperatura de operação do processo sobre o resultado da produção. Dez amostras foram coletadas gerando o diagrama de dispersão abaixo. Analisando o diagrama identifica-se que há uma correlação elevada negativa, verdadeiro ou falso?



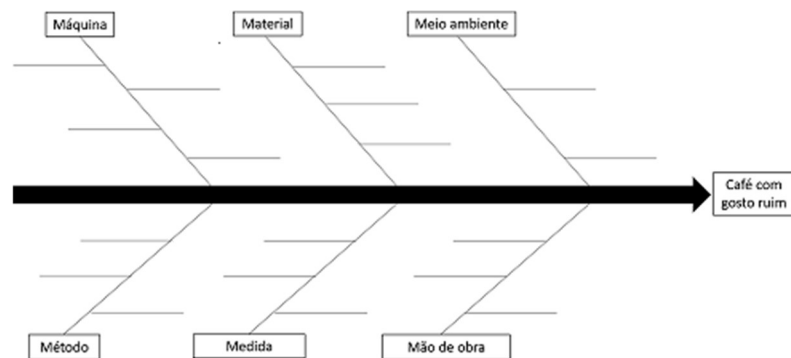
- 6) Ao construir um diagrama de causa e efeito para a identificação das possíveis causas de café com gosto ruim, conforme abaixo, pode ser preenchido como causas do meio ambiente:
1. Temperatura;
 2. Umidade.



Verdadeiro ou Falso?

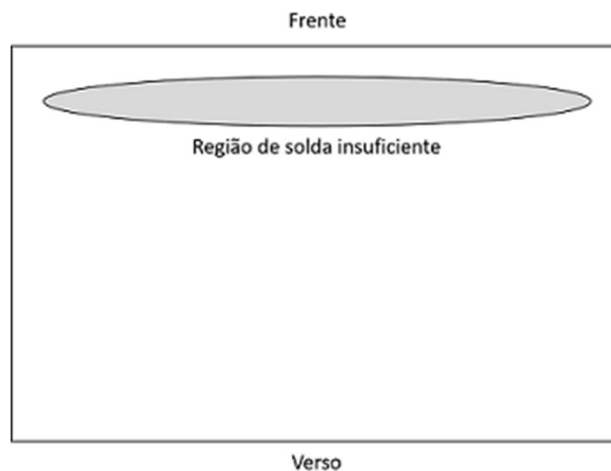
7) Ao construir um diagrama de causa e efeito para a identificação das possíveis causas de café com gosto ruim, conforme abaixo, pode ser preenchido como causas do método:

1. Forma de aquecimento;
2. Tempo;
3. Experiência.



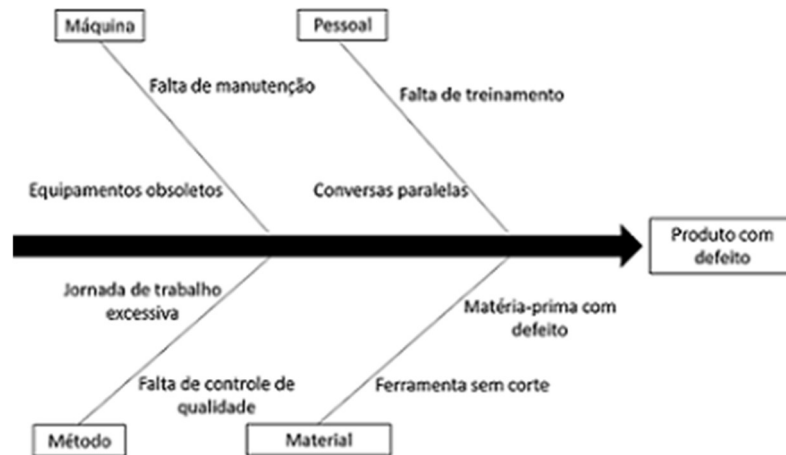
Verdadeiro ou Falso?

- 8) Em um processo de produção de placas de circuito impresso foram realizadas análises de defeitos, suas causas e identificado que o principal processo gerador dos defeitos era o fluxo de solda. O processo foi analisado com a construção de um diagrama de causa e efeito e um diagrama de defeito concentração, apresentado abaixo. De acordo com o diagrama de defeito concentração é possível identificar que a maioria dos defeitos de solda insuficiente ocorre perto da borda frontal da placa, verdadeiro ou falso?



- 9) Em uma confecção o índice de produtos com defeitos está elevado, então o engenheiro de produção resolveu reunir sua equipe e identificar as causas e efeitos no diagrama de Ishikawa e assim definir as ações a serem tomadas. Analisando o diagrama de Ishikawa abaixo, construído pela equipe, quais ações poderiam ser realizadas?

- I. Elaboração de cronograma de manutenção das máquinas e ferramentas;
- II. Avaliação do custo-benefício de horas extras;
- III. Treinamento operacional e comportamental do pessoal;
- IV. Controle de qualidade da matéria-prima mais criterioso.

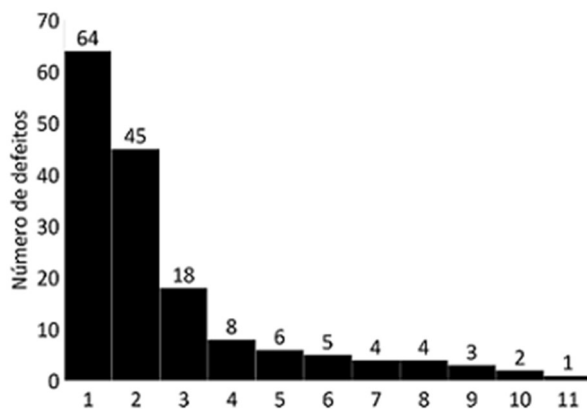


- I e IV
- III
- II e III
- Todas

10) Em um fabricante de para-brisas automotivos foi identificado a presença de bolhas que geram retrabalho ou até descarte do produto. O diagrama de defeito concentração das bolhas no para-brisas foi gerado após uma observação e coleta de dados do processo. Com a análise do diagrama abaixo pode-se concluir que deve ser feito uma análise na máquina de aplicação da película de proteção no final do processo, visto que a película é aplicada da direita para esquerda, verdadeiro ou falso?



11) A produção de placas de circuito impresso tem um grande percentual de defeituosos, 1,6%, que precisa ser reduzido. Para isto uma equipe analisou todos os defeitos e suas quantidades para geração do gráfico de Pareto abaixo. Analisando o gráfico pode ser determinado que a maioria dos defeitos está relacionado à solda. Verdadeiro ou falso?



Código	Defeito
1	Solda insuficiente
2	Bolas de solda
3	Secagem
4	Furos
5	Bolhas
6	Arranhões
7	Componentes ausentes
8	Componentes mal alinhados
9	Falha de componentes
10	Componente errado
11	Sem solda

12) A engenharia de qualidade encontra-se preocupada com o número de defeitos que estão a surgir nas peças. De forma a identificar as suas causas decidiu, ao longo de uma semana de trabalho estudar o número e tipo de defeitos por operador e por máquina. Os resultados encontram-se na tabela abaixo. Que conclusões estão corretas?

- I. O total de defeitos são 168, sendo que os maiores valores são do operador A, da máquina 1, na quarta-feira e o defeito de deformação;
- II. A soma de defeitos da máquina 2 e da máquina 4 são iguais;
- III. O defeito em menor quantidade é a umidade, correspondente a 2,98% da quantidade total de defeitos.

Operador	Máquina	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta	Operador	Máquina	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta
A	1	**** \$\$ xx ## +	***** \$ xxx #	***** \$\$\$\$\$ xxxx ## +	**** \$ xxx ##	***** \$ xxx ###	B	3	** \$\$ x #	**** \$ x	**** \$ x #	*** \$ x #	*** \$ xx #
	2	** \$ x	*** \$\$ xx +	*** \$\$\$\$\$ xx #	** \$ x #	** \$\$ #		4	** \$ xx +	*** \$ x #	*** \$\$\$\$ xx #	*** \$ #	** \$ xx #

* deformação \$ peso x dureza # furo + umidade

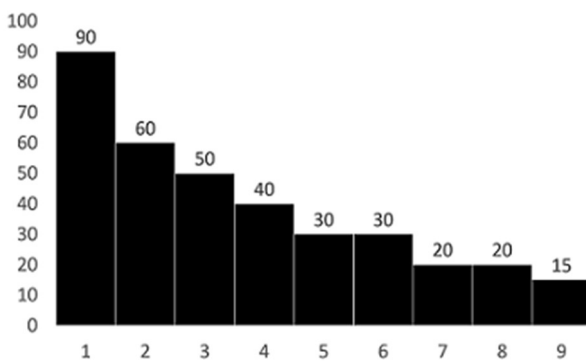
I e II

II e III

I e III

Todas

- 13) Tendo em vista a diminuição dos custos de não qualidade, uma empresa que produz bolachas fez um levantamento do tipo de defeitos encontrados em embalagens de bolacha Maria. O gráfico de Pareto abaixo apresenta os resultados obtidos. É correto afirmar que 25% dos defeitos é de quantidade superior a máxima permitida e que agindo na correção dos 3 primeiros itens, mais de 50% dos defeitos poderá ser evitado?



Código	Defeito
1	Nº de bolachas superior a 35
2	Embalagem mal colada (topos)
3	Pequenos furos na embalagem
4	Data de validade em falta/ilegível
5	Bolachas partidas
6	Nº de bolachas inferior a 32
7	Embalagem mal colada (lado)
8	Embalagem rasgada
9	Outros defeitos

Verdadeiro ou falso?

- 14) Um fabricante de rótulos está tendo muitas devoluções por erros de digitação dos textos nos rótulos. Os clientes alegam vários erros e em lotes diferentes. Para iniciar um estudo na busca da correção destes defeitos, foi elaborado a folha de verificação abaixo. Uma das conclusões que podem ser obtidas é de que o nº de

erros praticamente não se altera a cada mês e que mais de 50% dos defeitos corresponde a erros de escrita, verdadeiro ou falso?

Erro	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Total
Ortografia	I	II	I	I	5
Pontuação	III	IIII	II	IIII	13
Números errados		I	I		2
Manchas	I	I	I	I	4
Parágrafos	II	III	IIII	II	12
Alinhamento	IIII	IIII	IIII	IIII	20
Total	17	17	14	14	56

15) O processo de fazer compras foi observado por 7 semanas em um supermercado com o objetivo de identificar quais falhas podem ocorrer. Foram identificadas as falhas e na frequência apresentada na folha de verificação abaixo. Analisando a folha de verificação podemos identificar que os consumidores observados precisam de uma melhor organização do que comprar e em que quantidade antes da ida ao mercado, verdadeiro ou falso?

Falha	Sem. 1	Sem. 2	Sem. 3	Sem. 4	Sem. 5	Sem. 6	Sem. 7
Faltou a sacola	1						
Lista de compras não foi feita	1		1	1			1
Foram comprados muitos doces	1	1	1	1	1	1	1
Produtos congelados não couberam na geladeira		1	1		1	1	
Foi gasto mais que o recurso disponível		1		1		1	

16) Monitora-se a resistência à tração de um fio de chumbo colado a uma placa de circuito integrado. A tabela abaixo fornece os dados para 20 amostras, cada uma tendo um tamanho igual a 3. Identifique os limites inferior, central e superior para os gráficos de média e amplitude, se necessário elimine os pontos fora de controle e revise os limites. Quais as alternativas corretas?

- I. Para média LSC = 17.4 LC = 15.9 LIC = 12.79 e para amplitude LSC = 5.972 LC = 2.25 LIC = 0;

- II. Para média LSC = 17.4 LC = 15.09 LIC = 12.79 e para amplitude LSC = 5.792 LC = 2.25 LIC = 0;
- III. Não há pontos fora de controle;
- IV. Há pontos fora de controle e os novos valores são para média LSC = 17.96 LC = 15.78 LIC = 13.62 e para amplitude LSC = 5.543 LC = 2.811 LIC = 0;
- V. Há pontos fora de controle e os novos valores são para média LSC = 17.96 LC = 15.78 LIC = 13.62 e para amplitude LSC = 5.453 LC = 2.118 LIC = 0.

Amostra	x_1	x_2	x_3	Amostra	x_1	x_2	x_3	Amostra	x_1	x_2	x_3	Amostra	x_1	x_2	x_3	Amostra	x_1	x_2	x_3
1	15.4	15.6	15.3	5	18.3	16.1	17.0	9	13.9	14.9	15.5	13	17.0	15.2	18.1	17	16.5	17.1	18.5
2	15.4	17.1	15.2	6	19.2	17.2	19.4	10	18.7	21.2	20.1	14	16.3	16.5	17.7	18	18.0	14.1	15.9
3	16.1	16.1	13.5	7	14.1	12.4	11.7	11	15.3	13.1	13.7	15	8.4	7.7	8.4	19	17.8	17.3	12.0
4	13.5	12.5	10.2	8	15.6	13.3	13.6	12	16.6	18.0	18.0	16	11.1	13.8	11.9	20	11.5	10.8	11.2

I e IV

I e III

II e III

II e V

I e V

- 17) A espessura de uma peça metálica é um importante parâmetro da qualidade. Dados sobre a espessura, em polegadas, são dados na tabela a seguir, para 25 amostras de 5 peças cada uma. Os dados são apresentados com os dois últimos dígitos, sendo considerado o inicial de 0.06, ou seja, para 38 deve ser lido 0.0638. Após a eliminação dos pontos fora de controle, quais as alternativas corretas?

- I. LSC = 0.0634 para média e LSC = 0.0014 para amplitude;
- II. LSC = 0.0643 para média e LC = 0.0007 para amplitude;
- III. LIC = 0 para amplitude;
- IV. LC = 0.0629 e LIC = 0.0626 para média;
- V. LC = 0.0007 e LSC = 0.0020 para amplitude.

Amostra	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	Amostra	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	Amostra	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	Amostra	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5
1	29	36	40	35	40	7	30	39	25	29	27	13	35	31	30	30	30	19	36	31	29	35	34
2	30	31	22	25	27	8	28	27	22	25	27	14	45	40	31	40	42	20	40	35	29	35	34
3	28	31	33	33	30	9	23	26	33	30	24	15	19	44	32	22	35	21	28	25	16	20	23
4	34	30	31	32	33	10	31	31	33	31	30	16	31	27	30	28	29	22	15	25	19	19	22
5	19	28	30	19	25	11	35	30	38	35	33	17	16	23	31	20	25	23	30	32	30	31	30
6	13	29	34	25	28	12	23	30	30	27	29	18	30	30	26	29	28	24	35	29	35	31	33
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	25	23	29	30	26	28

I e IV

I e III

II e III

II e V

I e V

18) Um gráfico de controle da média, com limites 3σ e tamanho de subgrupo $n = 4$, tem limites de controle LSC = 48.75 e LIC = 40.55. Qual o valor do desvio padrão estimado?

2.70

2.73

2.71

2.75

19) Uma matriz de ejeção é usada para a fabricação de hastes de alumínio, no qual o diâmetro destas é uma característica crítica da qualidade. A seguir são mostrados valores de média e amplitude para 20 amostras de 5 hastes cada. As especificações sobre as hastes são 0.5035 ± 0.0010 polegada. Os valores apresentados são os 3 últimos dígitos das medidas, ou seja, 34.2 é lido como 0.50342. Qual a alternativa correta?

Amostra	\bar{x}	R	Amostra	\bar{x}	R	Amostra	\bar{x}	R	Amostra	\bar{x}	R
1	34.2	3	6	32.1	2	11	35.4	8	16	33.4	10
2	31.6	4	7	32.6	7	12	34.0	6	17	35.0	4
3	31.8	4	8	33.8	9	13	36.0	4	18	34.4	7
4	33.4	5	9	34.8	10	14	37.2	7	19	33.9	8
5	35.0	4	10	38.6	4	15	35.2	3	20	34.0	4

- a) Para média LC = 34.32, para amplitude LC = 5.56, CPk = 1.288 e defeituosos = 0,205%
- b) Para média LC = 34.23, para amplitude LC = 5.65, CPk = 1.288 e defeituosos = 0,203%
- c) Para média LC = 34.32, para amplitude LC = 5.65, CPk = 1.228 e defeituosos = 0,205%

20) Em um processo de fabricação, uma corrente elétrica tem especificação de 100 ± 10 miliampéres.

A média μ e o desvio padrão σ do processo são 107,0 e 1,5 miliampéres, respectivamente.

A média do processo está mais perto do LSE, CPk = 0,67 e devido ao valor baixo, o processo tende a produzir correntes elétricas fora dos limites de especificação.

Verdadeiro ou falso?

21) Placas de circuito impresso são montadas por uma combinação de montagem manual e automática, na montagem automática a Tecnologia de Montagem da Superfície (TMS) é usada para fazer as conexões mecânicas e elétricas dos componentes na placa.

A cada hora 5 placas são selecionadas e inspecionadas para finalidade de controle do processo. O número de defeitos em cada amostra de 5 placas é anotado e os resultados para 20 amostras estão na tabela abaixo. Quais as alternativas corretas a respeito do processo?

- I. LSC = 3.3;
- II. LC = 1.2;
- III. O processo não está sob controle;
- IV. LIC = 0;

V. O processo está sob controle.

Amostra	Defeituosos	Defeitos por unidade	Amostra	Defeituosos	Defeitos por unidade	Amostra	Defeituosos	Defeitos por unidade	Amostra	Defeituosos	Defeitos por unidade
1	6	1.2	6	12	2.4	11	9	1.5	16	2	0.4
2	4	0.8	7	16	3.2	12	15	3.0	17	7	1.4
3	8	1.6	8	2	0.4	13	8	1.6	18	1	0.2
4	10	2.0	9	3	0.6	14	10	2.0	19	7	1.4
5	9	1.8	10	10	2.0	15	8	1.6	20	13	2.6

I IV V

I II III

II III IV

III IV V

I III V

22) Em um processo sob controle com limites 3σ são retiradas amostras de 5 unidades a cada 15 minutos. Suponha que a média do processo seja alterada para fora de controle por 15σ , 10 minutos após a hora cheia.

Se D é o número esperado de defeituosos produzidos a cada quarto de hora, ache a perda esperada (em termos de unidades defeituosas) que resulta deste procedimento fora de controle.

D/2

D/4

D

23) Foram realizadas 30 observações da espessura do óxido de pastilhas individuais de silício. De acordo com os dados abaixo, os limites são $LIC = 34.55$, $LC = 49.85$ e $LSC = 65.14$, verdadeiro ou falso?

Pastilha	Espessura	Pastilha	Espessura	Pastilha	Espessura
1	45.4	11	53.9	21	60.6
2	48.6	12	49.8	22	51.0
3	49.5	13	46.9	23	53.0
4	44.0	14	49.8	24	56.0
5	50.9	15	45.1	25	47.2
6	55.2	16	58.4	26	48.0
7	45.5	17	51.0	27	55.9
8	52.8	18	41.2	28	50.0
9	45.3	19	47.1	29	47.9
10	46.3	20	45.7	30	53.4

24) Foram extraídos os números de juntas de solda defeituosas encontradas em 500 amostras sucessivas. Construa o gráfico de controle com os dados abaixo e responda: O processo está sob controle, verdadeiro ou falso?

Dia	Defeituosos	Dia	Defeituosos
1	106	11	42
2	116	12	37
3	164	13	25
4	89	14	88
5	99	15	101
6	40	16	64
7	112	17	51
8	36	18	74
9	69	19	71
10	74	20	43
-	-	21	80

25) Para a análise do gráfico de controle, da fração defeituosa, de uma linha de produção de substrato cerâmico, foram coletadas 20 amostras com 100 unidades cada.

De acordo com os dados apresentados na tabela abaixo, qual a alternativa correta?

Amostra	Defeituosos	Amostra	Defeituosos	Amostra	Defeituosos	Amostra	Defeituosos
1	44	6	31	11	36	16	30
2	48	7	46	12	52	17	46
3	32	8	52	13	35	18	38
4	50	9	44	14	41	19	26
5	29	10	48	15	42	20	30

- a) LSC = 0.5417, LC = 0.395, LIC = 0.2483 e o processo está sob controle
- b) LSC = 0.5417, LC = 0.395, LIC = 0.2483 e o processo não está sob controle
- c) LSC = 0.5427, LC = 0.385, LIC = 0.2483 e o processo está sob controle

ANEXOS

ANEXO 1 – QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO DE JOGO EDUCACIONAL	86
---	----

ANEXO 2 – QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO DE JOGO EDUCACIONAL

Questionário de avaliação de jogos educacionais

CTCEP – Avaliado em ____/____/____

Gostaríamos que você respondesse as questões abaixo para nos ajudar a melhorar este jogo. Todos os dados são coletados anonimamente e somente serão utilizados no contexto desta pesquisa.

Marcelle Zacarias Silva Tolentino Bezerra – marcellezacarias@gmail.com

Por favor, circule **um número** de acordo com o quanto você concorda ou discorda de cada afirmação abaixo.

Afirmações	Sua avaliação			Comentários sobre a questão
O <i>design</i> do jogo é atraente (interface ou objetos).	Discordo Fortemente	-2 -1 0 +1 +2	Concordo Fortemente	
Houve algo interessante no início do jogo que capturou minha atenção.	Discordo Fortemente	-2 -1 0 +1 +2	Concordo Fortemente	
A variação (de forma, conteúdo ou de atividades) ajudou a me manter atento ao jogo.	Discordo Fortemente	-2 -1 0 +1 +2	Concordo Fortemente	
O conteúdo do jogo é relevante para os meus interesses.	Discordo Fortemente	-2 -1 0 +1 +2	Concordo Fortemente	
O funcionamento deste jogo está adequado ao meu jeito de aprender.	Discordo Fortemente	-2 -1 0 +1 +2	Concordo Fortemente	
O conteúdo do jogo está conectado com outros conhecimentos que eu já possuía.	Discordo Fortemente	-2 -1 0 +1 +2	Concordo Fortemente	
Foi fácil entender o jogo e começar a utilizá-lo como material de estudo.	Discordo Fortemente	-2 -1 0 +1 +2	Concordo Fortemente	
Ao passar pelas etapas do jogo senti confiança de que estava aprendendo.	Discordo Fortemente	-2 -1 0 +1 +2	Concordo Fortemente	
Estou satisfeito porque sei que terei oportunidades de utilizar na prática coisas que aprendi com o jogo.	Discordo Fortemente	-2 -1 0 +1 +2	Concordo Fortemente	
É por causa do meu esforço pessoal que consigo avançar no jogo.	Discordo Fortemente	-2 -1 0 +1 +2	Concordo Fortemente	
Temporariamente esqueci das minhas preocupações do dia-a-dia, fiquei totalmente concentrado no jogo.	Discordo Fortemente	-2 -1 0 +1 +2	Concordo Fortemente	
Eu não percebi o tempo passar enquanto jogava, quando vi o jogo acabou.	Discordo Fortemente	-2 -1 0 +1 +2	Concordo Fortemente	
Me senti mais no ambiente do jogo do que no mundo real, esquecendo do que estava ao meu redor.	Discordo Fortemente	-2 -1 0 +1 +2	Concordo Fortemente	
Pude interagir com outras pessoas durante o jogo.	Discordo Fortemente	-2 -1 0 +1 +2	Concordo Fortemente	
Me diverti junto com outras pessoas.	Discordo Fortemente	-2 -1 0 +1 +2	Concordo Fortemente	

O jogo promove momentos de cooperação e/ou competição entre as pessoas que participam.	Discordo Fortemente	-2 -1 0 +1 +2	Concordo Fortemente	
Este jogo é adequadamente desafiador para mim, as tarefas não são muito fáceis nem muito difíceis.	Discordo Fortemente	-2 -1 0 +1 +2	Concordo Fortemente	
O jogo evolui num ritmo adequado e não fica monótono – oferece novos obstáculos, situações ou variações de atividades.	Discordo Fortemente	-2 -1 0 +1 +2	Concordo Fortemente	
Me diverti com o jogo.	Discordo Fortemente	-2 -1 0 +1 +2	Concordo Fortemente	
Quando interrompido, fiquei desapontado que o jogo tinha acabado (gostaria de jogar mais).	Discordo Fortemente	-2 -1 0 +1 +2	Concordo Fortemente	
Eu recomendaria este jogo para meus colegas.	Discordo Fortemente	-2 -1 0 +1 +2	Concordo Fortemente	
Gostaria de utilizar este jogo novamente.	Discordo Fortemente	-2 -1 0 +1 +2	Concordo Fortemente	
Consegui atingir os objetivos do jogo por meio das minhas habilidades.	Discordo Fortemente	-2 -1 0 +1 +2	Concordo Fortemente	
Tive sentimentos positivos de eficiência no desenrolar do jogo	Discordo Fortemente	-2 -1 0 +1 +2	Concordo Fortemente	

– O jogo contribuiu para a minha aprendizagem na disciplina
(*Discordo fortemente*) -2 -1 0 +1 +2 (*Concordo fortemente*)

– O jogo foi eficiente para minha aprendizagem, em comparação com outras atividades da disciplina.
(*Discordo fortemente*) -2 -1 0 +1 +2 (*Concordo fortemente*)

– Atribua uma nota de 1,0 a 5,0 para seu nível de conhecimento antes e depois do jogo aos conceitos listados na tabela abaixo (1,0 – pouco; 5,0 – muito).

Conceitos	Lembrar o que é		Compreender como funciona		Aplicar na prática	
	Antes	Depois	Antes	Depois	Antes	Depois
Ferramentas do CEP						
Identificação de situações de aplicação do CEP						

– A experiência com o jogo vai contribuir para meu desempenho na vida profissional.
(*Discordo fortemente*) -2 -1 0 +1 +2 (*Concordo fortemente*)

– Cite 3 pontos fortes do jogo:

– Por favor, dê 3 sugestões para a melhoria do jogo:
