

**UNIVERSIDADE DO EXTREMO SUL CATARINENSE - UNESC
CURSO DE ADMINISTRAÇÃO DE EMPRESAS**

FABIANO DA SILVA FRANCISCO

**ESTUDO DO CONTROLE ESTATÍSTICO DE PROCESSO COMO
FERRAMENTA PARA O GERENCIAMENTO DE UMA UNIDADE
FABRIL DE REVESTIMENTOS CERÂMICOS**

**CRICIÚMA
2015**

FABIANO DA SILVA FRANCISCO

**ESTUDO DO CONTROLE ESTATÍSTICO DE PROCESSO COMO
FERRAMENTA PARA O GERENCIAMENTO DE UMA UNIDADE
FABRIL DE REVESTIMENTOS CERÂMICOS**

Monografia apresentada para a obtenção do grau de Bacharel em Administração, no Curso de Administração de Empresas da Universidade do Extremo Sul Catarinense – UNESC.

Orientador: Prof. Adilton Arão de Medeiros

**CRICIÚMA
2015**

DEDICATÓRIA

Aos meus pais e aos meus irmãos Vандir da Silva Francisco e Valmir da Silva Francisco por sempre me apoiarem nos momentos mais difíceis.

AGRADECIMENTOS

A minha família, por me prestar apoio nos momentos mais difíceis.

A empresa, por me assegurar acesso aos dados de controles de processo produtivo.

Aos amigos, que inconscientemente, fomentaram meu interesse na área de administração de produção.

Ao orientador Adilton Arão de Medeiros por sua paciência e auxílio no encaminhamento da pesquisa.

RESUMO

FRANCISCO, Fabiano da Silva. **Estudo do controle estatístico de processo como ferramenta para o gerenciamento de uma unidade fabril de revestimentos cerâmicos.** 2014. 63 páginas. Monografia do Curso de Administração de Empresas, da Universidade do Extremo Sul Catarinense – UNESC.

O Controle Estatístico de Processo (CEP) busca a gestão do controle de qualidade dos produtos na entrada, durante e na saída do processo produtivo, utilizando-se de ferramentas estatísticas para apoiar a tomada de decisões. É notória a crescente exigência do mercado quanto à qualidade dos produtos fabricados pela indústria de transformação, não sendo diferente na indústria cerâmica. Diante disso, o presente estudo teve como objetivo analisar qual a eficiência de utilização do CEP em uma indústria de revestimentos cerâmicos. A metodologia utilizada no estudo caracteriza o trabalho como uma pesquisa bibliográfica e de campo, quanto aos meios de investigação utilizados, e descritiva, quanto aos fins de investigação. A população de estudada foi o setor de modelagem de uma indústria de cerâmica para revestimentos. A técnica de coleta de dados é caracterizada como quantitativa e o instrumento de coleta de dados utilizado foi o banco de dados do Sistema de Gestão Integrado, alimentado pelos responsáveis pela realização dos controles de processo, no setor de modelagem. Os dados foram analisados de forma quantitativa. Verificou-se que existe grandes possibilidades de ganho no processo avaliado caso seja utilizada a ferramenta de análise com base nas diretrizes do CEP, de forma contínua e sistematizada.

Palavras-chave: Qualidade. Controle. Produção.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Representação de um processo de transformação.....	15
Figura 2 - Controle da qualidade nos Sistemas de Produção.	23
Figura 3 – Definição de Controle Estatístico de Processo.	24
Figura 4 - Análise de dispersão de variáveis.....	32
Figura 5 - Análise de dispersão de variáveis.....	35
Figura 6 - Tela para o apontamento de variáveis no SGI.....	40
Figura 7 - Banco de dados disponibilizado pelo SGI.....	41
Figura 9 - <i>Dashboard</i> para a análise dos dados de controle de processo.	43
Figura 6 - Evolução da produção de cerâmica para revestimentos.....	46
Figura 10 - Análise de temperatura da peça da prensa 01, bitola 33,5x45, de janeiro de 2015.	51
Figura 11 - Análise de espessura da peça da prensa 01, bitola 33,5x45, de janeiro de 2015.	53
Figura 12 - Análise de carregamento da peça da prensa 01, bitola 33,5x45, de janeiro de 2015.....	56
Figura 13 - Análise de carregamento da peça da prensa 01, bitola 33,5x45, de janeiro de 2015.....	59
Figura 14 - Análise de umidade da massa atomizada da prensa 01, bitola 33,5x45, de janeiro de 2015.....	61

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Fornecedores de produtos e serviços e as expectativas dos clientes....	21
Quadro 2 - Análise de dispersão de variáveis.....	34
Quadro 3 – Representação das fórmulas matemáticas para o C_p e C_{pk}	37

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Análise de dispersão de variáveis.....	34
Tabela 2 – Avaliação da capacidade do controle de temperatura das peças no primeiro quadrimestre de 2015.....	52
Tabela 3 – Avaliação da capacidade do controle de espessura das peças no primeiro quadrimestre de 2015.	55
Tabela 4- Análise de carregamento da peça da prensa 01, bitola 33,5x45, de janeiro de 2015, por ordem de fabricação.....	57
Tabela 5 – Avaliação da capacidade do controle de carregamento das peças no primeiro quadrimestre de 2015.....	58
Tabela 6 – Avaliação da capacidade do controle de pressão manométrica no primeiro quadrimestre de 2015.....	60
Tabela 7 – Avaliação da capacidade do controle de umidade da massa atomizada no primeiro quadrimestre de 2015.....	62

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
1.1 SITUAÇÃO PROBLEMA	11
1.2 OBJETIVOS	12
1.2.1 Objetivo geral	12
1.2.2 Objetivos específicos	12
1.3 JUSTIFICATIVA	12
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	14
2.1 PRODUÇÃO.....	14
2.1.1 Definição de Produção	14
2.1.2 Histórico de Produção	16
2.2 ADMINISTRAÇÃO DE PRODUÇÃO	17
2.3 QUALIDADE.....	18
2.3.1 Conceitos de Qualidade	19
2.3.1.1 Definição transcendental de qualidade.....	19
2.3.1.2 Definição focada no produto.....	19
2.3.1.3 Definição focada em usuários	19
2.3.1.4 Definição focada na fabricação	20
2.3.1.5 Definição focada no valor	20
2.4 PLANEJAMENTO E CONTROLE DE QUALIDADE.....	21
2.5 CONTROLE ESTATÍSTICO DE PROCESSO.....	23
2.5.1 Definição de Controle Estatístico de Processo	24
2.5.2 Objetivos do Controle Estatístico de Processo	25
2.5.3 Histórico do Controle Estatístico de Processo	26
2.5.4 Ferramentas e Conceitos Relacionados ao Controle Estatístico de Processo	26
2.5.4.1 Variabilidade.....	26
2.5.4.2 Amostragem	27
2.5.4.3 Tamanho das amostras.....	29
2.5.4.4 Gráficos de controle	30
2.5.4.5 Histograma	33
2.5.4.6 Capacidade do Processo	35
3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	38

3.1 DELINEAMENTO DA PESQUISA.....	38
3.2 DEFINIÇÃO DA ÁREA OU POPULAÇÃO-ALVO.....	39
3.3 PLANO DE COLETA DE DADOS.....	39
3.4 PLANO DE ANÁLISE DE DADOS.....	42
4 ANÁLISE DOS DADOS DA PESQUISA.....	45
4.1 CERÂMICA DE REVESTIMENTO.....	45
4.1.1 Processo Produtivo da Cerâmica de Revestimentos.....	46
4.1.1.1 Preparação de massa.....	47
4.1.1.2 Atomização e estocagem de pó atomizado.....	47
4.1.1.3 Conformação.....	47
4.1.1.4 Esmaltação e decoração.....	48
4.1.1.5 Queima.....	48
4.1.1.6 Classificação.....	48
4.2 OBJETOS DE ESTUDO.....	49
4.2.1 Avaliação dos Dados.....	50
4.2.1.1 Avaliação dos dados de temperatura da peça.....	50
4.2.1.2 Avaliação dos dados de espessura das peças.....	53
4.2.1.3 Avaliação dos dados de carregamento da peça.....	55
4.2.1.4 Avaliação dos dados de pressão manométrica da prensa.....	58
4.2.1.5 Avaliação dos dados de umidade da massa atomizada.....	62
5 CONCLUSÃO.....	64
REFERÊNCIAS.....	66

1 INTRODUÇÃO

Estruturou-se a monografia em cinco capítulos. O primeiro reflete sobre a situação problema, os objetivos geral e específicos, bem como a justificativa para o desenvolvimento da pesquisa. No segundo capítulo, com o objetivo de dar base bibliográfica às análises do estudo, descreveu-se a fundamentação teórica.

Os procedimentos metodológicos tidos por base para a aplicação da pesquisa são apresentados no terceiro capítulo.

No quarto capítulo, referente à análise da pesquisa, são apresentados a ferramenta de análise dos dados e a análise propriamente dita, apoiando a elucidação da questão sugerida no estudo.

Por fim, encontra-se a conclusão, que responderá a pergunta sugerida no estudo, as referências e os anexos.

1.1 SITUAÇÃO PROBLEMA

O mercado atualmente busca cada vez mais, produtos com melhor qualidade e menor preço, exigindo das empresas fabricantes, maior controle sobre o processo produtivo.

As decisões de onde, quando e como alterar detalhes do processo, a fim de buscar melhorias no processo produtivo recaem sobre os responsáveis pelo gerenciamento do processo produtivo, e a eficiência na tomada das decisões está diretamente relacionada ao quão bem estruturadas estão as informações que apoiam o tomador de decisões (MOREIRA, 2008).

A metodologia de controle através do Controle Estatístico de Processo (CEP), dentro do campo de Administração da Produção, promove maior facilidade em encontrar desvios significativos no processo, que demandam a tomada de ação, bem como possibilitam a avaliação dos controles de processo de forma visível, clara e objetiva, apoiando a tomada de decisões (CORRÊA; CORRÊA, 2012).

Buscando-se compreender a metodologia adotada no controle de processo produtivo de uma indústria produtora de revestimentos cerâmicos, e sua afinidade em relação à metodologia de controle do CEP, o presente estudo busca responder a seguinte pergunta de pesquisa: **Qual a eficiência de utilização do controle estatístico de processo - CEP na análise e acompanhamento dos**

controles do processo produtivo do setor de modelagem de uma empresa produtora de revestimentos cerâmicos?

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

Estudar a utilização do controle estatístico de processo - CEP na análise e acompanhamento dos controles do processo produtivo do setor de modelagem de uma empresa produtora de revestimentos cerâmicos.

1.2.2 Objetivos específicos

- a) Apresentar a metodologia de utilização do controle estatístico de processo (CEP);
- b) Desenvolver uma ferramenta para permitir a análise dos dados de controles de processo do setor de modelagem de uma empresa produtora de revestimentos cerâmicos, utilizando-se das premissas do CEP;
- c) Analisar os dados de controles de processo do setor de modelagem de uma empresa produtora de revestimentos cerâmicos, utilizando-se das premissas do CEP;
- d) Destacar as melhorias possíveis no gerenciamento dos controles analisados, segundo as premissas do CEP.

1.3 JUSTIFICATIVA

Tem-se, por meio deste estudo, o objetivo de analisar a utilização do controle estatístico de processo (CEP) na análise e acompanhamento dos controles do processo produtivo de uma indústria de transformação.

Tal análise é importante visto que poderá ser utilizada como base para o uso da sistemática de controle via Controle Estatístico de Processo (CEP), permitindo ao leitor compreender a sistemática de funcionamento do CEP, bem como a importância do uso deste sistema em âmbito industrial, como ferramenta para a tomada de decisões.

A formação dos administradores de empresas permite ao profissional em questão, atuar em diversas áreas, cujo conhecimento e habilidades o permitem. Como estes profissionais têm o dever de possuir uma visão de toda a organização a qual estão envolvidos, é importante que adquiram conhecimento sobre as ferramentas que poderá utilizar em sua jornada profissional. Dentre estas ferramentas, pode-se citar a abordagem de análise de informações concretas, reais e confiáveis, para a tomada de decisão.

Apesar de a pesquisa ser focada e realizada em âmbito industrial, a metodologia do CEP poderá ser também utilizada em outros meios, buscando-se fomentar o uso de ferramentas estatísticas para o apoio em tomadas de decisão.

A pesquisa independe do período analisado, visto que o foco será a relação entre a metodologia de controle de processo adotada na prática e a metodologia definida no sistema de acompanhamento via Controle Estatístico de Processo.

A realização do projeto é viável, visto que há material bibliográfico sobre o CEP, possibilitando o entendimento do assunto, bem como há a possibilidade de acesso a dados reais do processo por parte do pesquisador. Conhecimentos para o desenvolvimento de uma ferramenta de análise também possibilitam a realização do estudo.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo serão apresentados conceitos de produção e qualidade, para proporcionar uma visão ampla ao estudo, bem como conceitos de administração de produção e, buscando foco ao assunto analisado, será destacada a metodologia do Controle Estatístico do Processo acrescido a conceitos deste, como gráficos de controle, histograma e índices de capacidade.

2.1 PRODUÇÃO

Ao indagar sobre os objetivos da organização, Slack; Chambers; Johnston (2002) afirmam que a produção fabrica os serviços e bens que são o objetivo central de uma empresa e que a razão pela qual a estrutura empresarial existe reside nesta área da organização. Também é na produção que se busca satisfazer muitos dos requisitos dos clientes, produzindo e entregando bens e serviços.

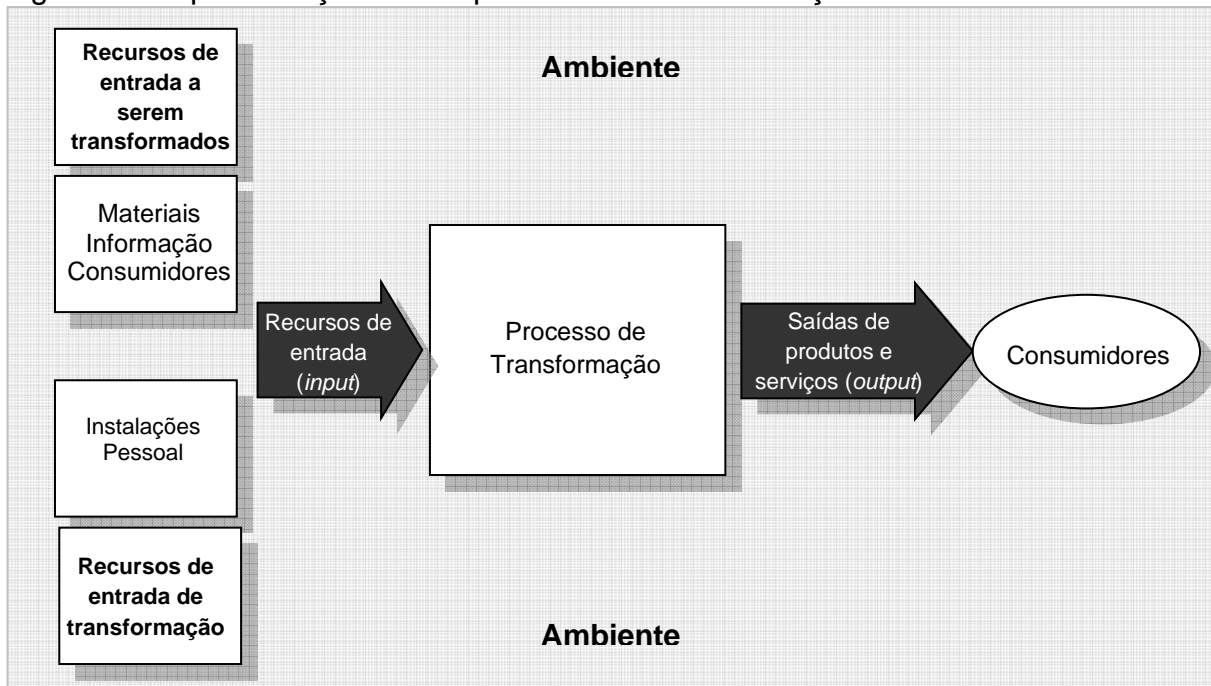
2.1.1 Definição de Produção

A produção é tida como uma junção de processos e operações que objetivam a realização ou transformação de bens ou serviços. A disposição de materiais no espaço físico e intervalo de tempo disponíveis é tida como o processo. Ao termo operações refere-se a cada atividade isolada, inerente à sequência pré-estabelecida do processo, para a transformação do produto (SHINGO, 1996).

Produção também pode ser entendida com um processo de transformação de materiais, objetivando um bem ou serviço final, que seja de utilidade a um consumidor final, ou que tenha a função de matéria prima para um novo processo de transformação (RUSSOMANO, 1979).

A Figura 01 exemplifica o processo de transformação, demonstrando os recursos de entrada de um processo, seguindo a um processo de transformação dos itens da entrada do processo e finalmente a saída de produtos ou serviços para um consumidor final.

Figura 1 - Representação de um processo de transformação.



Fonte: Slack; Chambers; Johnston (2002, p. 36).

O processo de produção se dá a partir de recursos de entrada, os quais o mesmo nomeia de *inputs*. Em recursos de entrada a serem transformados, são declaradas as matérias-primas necessárias para a fabricação dos produtos ou realização dos serviços e informações de requisitos de clientes. Em recursos de entrada de transformação são declaradas as instalações e equipamentos necessários para a produção do bem ou prestação do serviço, bem como o pessoal necessário e com adequada qualificação para a execução das tarefas. A partir da união destes recursos de entrada, acontece o processo de transformação, que pode ser separado em mais dois sub processos, resultando em produtos e serviços que atendem as necessidades dos clientes e consumidores, resultado este, nomeado como *output* (SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2002).

Reforçando estes conceitos, Gaither; Frazier (2002) citam o processo de produção com um sistema de transformação que ciará produtos e serviços por meio da transformação dos seus respectivos insumos, nomeados como entradas.

É possível visualizar este modelo, demonstrado na figura anterior, em qualquer tipo de produção de produtos ou prestação de serviços, sendo também possível, em todos os processos, a identificação das entradas e saídas dos processos. Complementa-se o fato de que a principal função dos gestores de

produção está na administração da do processo de transformação (GAITHER; FRAZIER, 2002; SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2002).

2.1.2 Histórico de Produção

De acordo com Martins; Laugeni (2003), o homem já executava uma função de produção em tempos de pré-história, quando utilizava-se do processo de alteração em pedras por meio de polimento, a fim criar instrumentos mais com os quais poderia caçar, proteger-se e cultivar a terra. Em primeira instância, esse processo de transformação tinha como objetivo, a fabricação de instrumentos para uso próprio, sem objetivo de comercializar estes materiais.

À medida que o tempo passava, pessoas se especializaram a fabricar determinados instrumentos e passaram a produzir sempre os mesmos instrumentos, de acordo com o pedido dos demais indivíduos que não possuíam a habilidade necessária ou equiparável aos artesãos em questão, que repassavam seu conhecimento adquirido das gerações anteriores para os seus respectivos aprendizes. Os artesões necessitavam seguir as especificações ou requisitos de qualidade inerentes ao uso do produto fabricado, bem como as especificações e requisitos exigidos pelo usuário final. É possível classificar esta forma de criação de ferramentas como uma das primeiras formas de trabalho organizado, ou como um dos primeiros sistemas de produção organizados (GAITHER; FRAZIER, 2002; MARTINS; LAUGENI, 2003).

Muito tempo depois, a revolução industrial iniciada a partir da criação da máquina a vapor por James Watt, em 1764, desencadeou um processo que incitaria a substituição da força de trabalho dos homens por máquinas. As primeiras fábricas montadas neste período tiveram seu corpo de trabalho formado pelos artesãos que anteriormente fabricavam, manualmente, os produtos que a partir daquele momento, passariam a ser produzidos em uma escala muito maior, possibilitada pelo uso de maquinário moderno para a época (GAITHER; FRAZIER, 2002; MARTINS; LAUGENI, 2003).

A produção em massa de produtos e serviços, alavancada pela evolução industrial, criou a necessidade de adequação do gerenciamento do processo para o novo modelo do sistema de transformação. Algumas exigências surgiram a fim de se

possibilitar a administração do processo. Produtos fabricados necessitaram ser padronizados para advento da produtividade e da manutenção das características destes. Um dos casos mais clássicos é o automóvel Modelo T, desenvolvido por Henri Ford (GAITHER; FRAZIER, 2002; CORRÊA; CORRÊA, 2012).

A fim de possibilitar a produção em massa, as tarefas individuais de produção, citadas como operações como Shingo (1996) também necessitaram ser planejadas e padronizadas. A mão-de-obra necessitou treinamento sistemático a fim de ser habilitada a execução das atividades já padronizadas. Cargos gerenciais e de supervisão, alinhados hierarquicamente foram desenvolvidos. Técnicas de vendas foram aprimoradas, bem como as técnicas de controle de produção (MARTINS; LAUGENI, 2003; MOREIRA, 2008).

A partir do comentado, observa-se que com o advento da revolução industrial, ocorreu em conjunto, a necessidade de padronização dos produtos a serem produzidos.

2.2 ADMINISTRAÇÃO DE PRODUÇÃO

A partir da necessidade de padronização dos processos e produtos citados, apresenta-se o conceito da administração de produção como o modo pelo qual as empresas gerenciam o sistema de produção de seus produtos e serviços (SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2002).

“A expressão de administração de operações refere-se à direção e ao controle de processos que transformam insumos em produtos e serviços (RITZMAN; KRAJEWSKI, 2004, p. 5)”.

A administração de operações ou administração de produção fica em constante envolvimento com as demais áreas da empresa, durante a tarefa de gerenciar as operações que fabricam serviços ou produtos primários aos clientes. É fundamental, não somente para a área de produção, mas também para as demais áreas da organização, a existência de administração de operações, pois as metas de cada área podem somente ser cumpridas, caso ocorra o gerenciamento adequado dos recursos disponíveis, como a informação existente, mão-de-obra, materiais e recursos financeiros (RITZMAN; KRAJEWSKI, 2004).

Segundo Corrêa; Corrêa (2007) a administração de produção é responsável por estabelecer estratégias de gerenciamento de recursos escassos na

organização, sendo estes os recursos de entrada dos processos. Também deve levar em conta a interação destes recursos com os processos que fabricam e realizam a entrega de produtos e serviços, a fim de satisfazer desejos ou necessidades do consumidor final. Essa responsabilidade é agregada ao atendimento dos objetivos estratégicos, quanto à eficiência no uso dos recursos de entrada do processo de produção.

Complementando, a Administração da Produção refere-se à atividade de gestão de um sistema de produção de uma empresa, responsável pelo processo de transformação de insumos em materiais a serem comercializados. A gestão desses recursos visa a utilização das matérias primas, maquinário, informação e recursos humanos de forma eficaz, possibilitando o atendimento as necessidades dos clientes e dos acionistas, em curto, médio e longo prazo. Dentre outras saídas, a administração da produção busca melhoria na qualidade dos produtos oferecidos ao cliente, bem como na melhoria dos produtos semiacabados, com base em análises de valor (MARTINS; LAUGENI, 2003; GAITHER; FRAZIER, 2002; CORRÊA; CORRÊA, 2012).

Todas as empresas, ao desenvolverem suas atividades, criam em conjunto aos seus clientes, uma relação de confiabilidade de seus produtos ou serviços, sendo estas com ou sem fins lucrativos, logo, é prudente afirmar que toda organização possui em sua constituição um sistema de produção, independentemente do sistema possuir ou não este rótulo (CORRÊA; CORRÊA, 2007).

Em uma indústria, faz parte da responsabilidade da administração de produção gerenciar a fabricação dos produtos, respeitando datas de entrega, quantidade e qualidade dos produtos fornecidos (MAYER, 1977).

2.3 QUALIDADE

Quando se trata do assunto qualidade, há entendimentos diversos, dependendo do conhecimento de cada pessoa, serão repassados a seguir, alguns dos conceitos mais aceitos sobre o termo.

2.3.1 Conceitos de Qualidade

Martins; Laugeni (2003) citam a existência de diferentes definições para qualidade, e destacam como relevantes as apresentadas a seguir.

2.3.1.1 Definição transcendental de qualidade

De acordo com as palavras de Martins; Laugeni (2003), essa definição é o entendimento de qualidade como composta por elevadíssimos padrões, sendo estes reconhecidos em âmbito universal. Slack; Chambers; Johnston (2002), definem a abordagem transcendental, de modo que a questão abordada representa o alcance da excelência do produto do produto ou serviço.

2.3.1.2 Definição focada no produto

Segundo Martins; Laugeni (2003), esta definição é baseada em características específicas dos produtos, cuja medição se faz possível. Slack; Chambers; Johnston (2002), descrevem esta abordagem como a qualidade baseada em um agrupamento possível de medição de modo preciso de atributos, os quais são necessários para atender as necessidades do consumidor.

Slack; Chambers; Johnston (2002), ressaltam o exemplo de um relógio, que é desenvolvido para atender ao requisito de desvio de precisão máximo de cinco segundos, em cinco anos de uso contínuo, sem que exista, neste intervalo de tempo, manutenção preventiva ou corretiva.

2.3.1.3 Definição focada em usuários

Martins; Laugeni (2003) citam que a qualidade se dá pelo desenvolvimento dos produtos e serviços baseado no seu uso final, conceito que reflete bem o significado desta abordagem, que é complementada por Slack; Chambers; Johnston (2002), cuja explicação aborda qualidade baseada no usuário como a garantia de que o bem ou serviço possui suas características alinhadas ao seu uso final. Para melhor entendimento, é citado o exemplo de um relógio que,

fabricado conforme suas especificações, porém que danifica após dois dias é claramente um produto que não se adequa ao seu propósito final (GARVIN, 1992).

2.3.1.4 Definição focada na fabricação

Este conceito baseia-se nas palavras de Crosby (1998) que cita qualidade como o atendimento as especificações de projeto e as normas vigentes.

Slack; Chambers; Johnston (2002), exemplificam o conceito como produtos que apesar de não serem os melhores disponíveis no mercado, são tidos como produtos de qualidade por serem recebidos pelos clientes com garantia de atendimento as normas vigentes e às especificações estabelecidas na etapa de desenvolvimento.

Retira-se dos ditos de Slack; Chambers; Johnston (2002) e de Crosby (1998) a ideia de que a qualidade pode ser entendida como um produto que tenha atendido as especificações, ou padrões pré-estabelecidos na etapa de projeto.

2.3.1.5 Definição focada no valor

A abordagem focada no valor se baseia na concepção de que a qualidade é relativa, necessitando ser definida de acordo como o preço do produto ou serviço. Cita-se o exemplo de compradores que muitas vezes, aceitam adquirir bens de menor índice de qualidade, caso o preço seja menor. Para economizar valores em moeda pátria, muitos consumidores são capazes de suportar assentos apertados em aviões e vôos em escala, com parada em outra localidade antes do destino final, e mantém o uso do serviço devido ao fato de que este serviço possui o preço que os consumidores entendem como justo. (SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2002).

Reforçando o conceito, Ritzman; Krajewski (2004) mencionam que a qualidade focada no valor é avaliada no nível de adequação do produto às expectativas dos clientes, porém dentro dos limites de preço que os consumidores estão dispostos a pagar.

Entende-se que o mercado é capaz de analisar um produto não só pela qualidade superior ou por estar dentro nas normas e requisitos pedidos e obrigatórios, mas também por seus custos efetivos de compra (SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2002).

2.4 PLANEJAMENTO E CONTROLE DE QUALIDADE

A qualidade dos produtos e serviços é determinada pelo cliente e, é a partir de suas expectativas que se constata a superioridade ou inferioridade da qualidade de produtos e serviços. Logo, o controle de qualidade dos produtos e serviços que estão sendo produzidos deve ser definido com base nas expectativas dos clientes (GAITHER; FRAZIER, 2002).

O gerenciamento da qualidade visa garantir que todos os envolvidos possuam adequado conhecimento de sua importância e o modo com que esta possa ser melhorada. É necessário que a qualidade seja analisada a partir do ponto de vista do cliente, porque a qualidade do produto será definida baseando-se nas necessidades do consumidor final (SLACK *et al*, 2008).

No quadro 01, apresentam-se as expectativas dos clientes, de forma exemplificada e resumida, para alguns tipos de fornecedores de produtos e serviços. Por meio deste quadro, é possível perceber produtos e serviços diferentes possuem necessidade de foco ao atendimento em requisitos também diferenciados, visando a satisfação dos clientes já existentes, ou visando a conquista de novos clientes no ramo de atividade da organização (GAITHER; FRAZIER, 2002).

Quadro 1 - Fornecedores de produtos e serviços e as expectativas dos clientes.

Empresa Produtos/ Prestadora de serviços	Expectativa dos clientes
Fabricante de fertilizante químico	O produto contém a quantidade certa de cada um dos elementos químicos? A embalagem evita a absorção de excesso de umidade em condições normais de uso? O tamanho das partículas é o correto?
Hospital	Os participantes são tratados educadamente por todo o pessoal do hospital? Todos os pacientes recebem os tratamentos corretos nas horas certas? Todos os tratamentos são administrados com precisão? O ambiente hospitalar apoia a recuperação do paciente?
Universidade	Todos os alunos cursam os cursos previstos? Todos os alunos estão atingindo um desempenho aceitável nos cursos? Todos os professores estão contribuindo para o crescimento e

	desenvolvimento dos alunos?
Fabricante de automóveis	O carro apresenta o desempenho desejado? Todas as peças do carro estão dentro dos limites de tolerância de fabricação? O projeto é de operação segura? O carro oferece a confiabilidade desejada? O gasto de gasolina por quilômetro, o controle de poluição e o equipamento de segurança estão dentro das normas governamentais?
Banco	Os clientes são tratados com cortesia? As transações dos clientes são concluídas com precisão? Os extratos dos clientes refletem precisamente suas transações? O banco opera de acordo com as normas governamentais? O ambiente físico é agradável para os clientes?
Serraria	A madeira é classificada adequadamente? A madeira está dentro dos limites de tolerância de conteúdo de umidade? Há excesso de rachaduras, manchas na superfície e outros tipos de defeitos? A madeira é embalada adequadamente para remessa? A madeira está de acordo com as especificações de resistência?

Fonte: Gaither; Frazier (2002, p. 515).

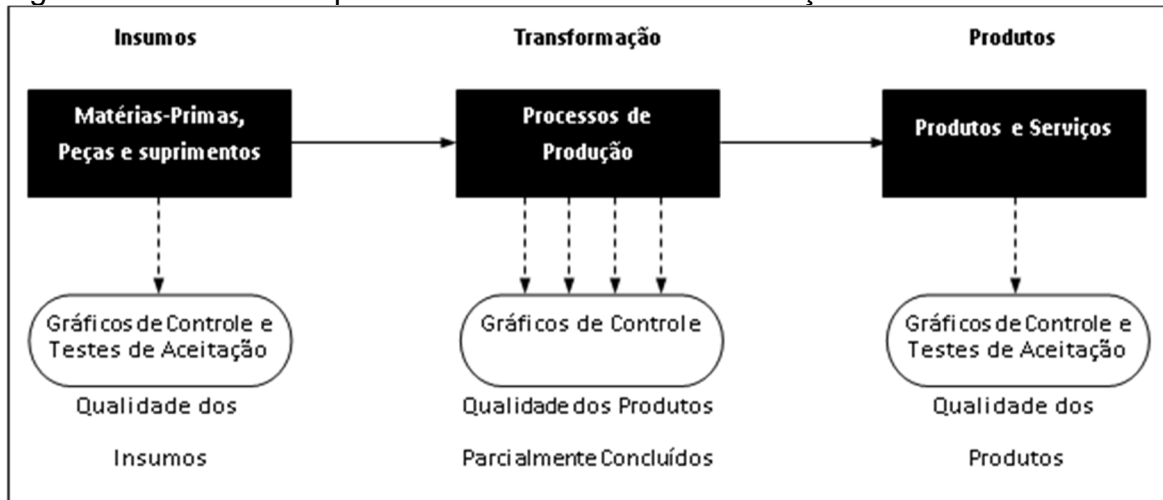
Na avaliação do Quadro 01, verifica-se que o controle de qualidade se inicia antes do produto ou serviço ser recebido por parte do consumidor final, iniciando-se inclusive, antes da produção ser realizada.

As matérias-primas, antes de serem utilizadas, devem ser de alta qualidade, para que produzam produtos de alta qualidade. Estas devem ser inspecionadas para verificar se as especificações requisitadas pelo projeto estão sendo atendidas. Uma peça de automóvel deve ser inspecionada, avaliando-se a cor, tamanho, acabamento, dependendo do uso no projeto, assim como um esmalte cerâmico deve ser analisado quanto sua cor de queima, presença de contaminação, dilatação térmica e ponto de fusão (GAITHER; FRAZIER, 2002).

Porém a análise da qualidade não predomina somente sobre as matérias primas, mas também sobre os produtos parcialmente fabricados, possibilitando, desse modo, uma avaliação e controle sobre a correta adequação do processo de produção (MOREIRA, 2008).

A partir da análise do processo é possível identificar pontos de melhoria e por consequência, direcionar ações que melhorem a qualidade do produto. Isso pode ser verificado visualmente através da Figura 02.

Figura 2 - Controle da qualidade nos Sistemas de Produção.



Fonte: Gaither; Frazier (2002, p. 515).

Na Figura 02 apresenta-se a exemplificação de um processo produtivo, com os itens a serem avaliados em cada etapa do processo. Nos insumos, são sugeridas as avaliações da qualidade através de gráficos de controle e testes de aceitação, a fim de possibilitar um filtro dos insumos a serem utilizados, durante o processo, é sugerido o controle de qualidade dos produtos parcialmente fabricados a fim de se garantir a qualidade no produto final bem como redução nos custos com não qualidade. Para o produto final, é indicada a avaliação de nível de qualidade de cada produto, possibilitando a classificação dos mesmos, por meio de testes de aceitação e gráficos de controle, evitando que produtos com problemas sejam encaminhados para os clientes (GAITHER; FRAZIER, 2002; CHASE; JACOBS; AQUILANO, 2006; MOREIRA, 2008; CORRÊA; CORRÊA, 2012).

2.5 CONTROLE ESTATÍSTICO DE PROCESSO

Pode-se afirmar que o controle de qualidade é tido como o processo de acompanhamento e de tomada de ação de resposta a qualquer desvio dos níveis aceitos como variação normal de processo. A maneira mais comumente usada de realização deste acompanhamento se dá através do controle estatístico de processo (SLACK *et al*, 2008).

De acordo com Gaither; Frazier (2002), normas americanas governamentais, exigem que em sistemas de produção e distribuição das indústrias de grande porte, como farmacêutica, de alimentos, automobilística, sejam adotadas sistemáticas e ferramentas que possibilitem a detecção de falhas e defeitos.

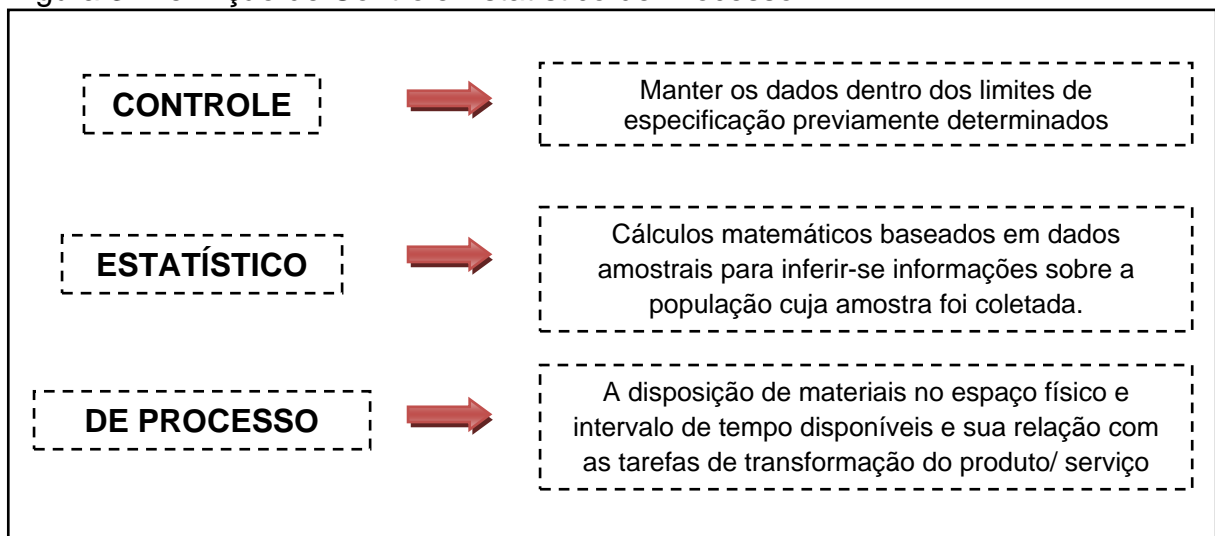
Até mesmo em indústrias que são controladas por órgãos governamentais, os registros das sistemáticas de controle que possibilitam a detecção de falhas e não qualidade do produto são mantidos, para serem usados como prova de defesa em processos de responsabilidade do produto (GAITHER; FRAZIER, 2002).

2.5.1 Definição de Controle Estatístico de Processo

O Controle Estatístico de Processo – CEP, também conhecido por *Statistical Process Control – SPC* é um grupo de ferramentas estatísticas que busca facilitar a redução da variabilidade de um processo, aumentando a sua capacidade em manter-se dentro dos limites de especificação, o que permite melhoria na qualidade de um produto ou serviço ao longo da cadeia produtiva (PEINADO; GRAEML, 2007; STATIT SOFTWARE, 2007).

Buscando-se maior didática na apresentação do conceito de CEP, apresenta-se na Figura 03, a definição de CEP.

Figura 3–Definição de Controle Estatístico de Processo.



Fonte: Baseado em Shingo (1996); Peinado; Graeml (2007); Statit Software (2007).

Há variadas definições de controle estatístico de processo. Mas, independente da definição adotada, esta irá focar o uso de ferramentas de natureza estatística para possibilitar a análise do resultado ou fases de um processo, análise esta que será base para a tomada de ações de melhoria, tanto para manter o resultado sob controle quanto para aperfeiçoar o processo produtivo existente (EDGEELL, 2015; GAITHER; FRAZIER, 2002; PEINADO; GRAEML, 2007; STATIT SOFTWARE, 2007).

Por meio da Figura 3, o objetivo de manutenção das grandezas acompanhadas dentro de limites pré-determinados fica claro. A seguir, detalha esse e outros objetivos do CEP.

2.5.2 Objetivos do Controle Estatístico de Processo

Atualmente, e com muita frequência, faltam conjuntos de sistemáticas e procedimentos de suporte para prover melhorias na qualidade, sistemáticas estas que poderiam estar agrupadas nas tarefas diárias da operação (SLACK *et al*, 2008).

O uso do controle estatístico do processo permite à organização conhecer melhor o processo em análise, de modo que este conjunto de ferramentas estatísticas, quando corretamente utilizadas, demonstram quando o processo está sob controle e quando ele não está sob controle, promovendo menor variabilidade do processo e conseqüentemente redução nos custos de produção (STATIT SOFTWARE, 2007).

Além de promover maior conhecimento sobre o processo e apontar possibilidades de redução das variações na qualidade do produto ou serviço acabado ou semiacabado, o CEP também busca qual o nível da variação existente no processo ou se esta é tida como uma variação normal ou se requer intervenção para que retorne aos níveis desejáveis (SLACK *et al*, 2008; EDGEELL, 2015).

O CEP tem caráter preventivo, baseado na avaliação de tendências e variação significativas em relação a padrões definidos como aceitáveis. Este não é tido como um meio para a solução de problemas, mas sim uma forma eficaz de detectar e mensurar o tamanho destes para assim, possibilitar a análise de solução destes desvios (PEINADO; GRAEML, 2007).

Entende-se que existe uma grande importância na tarefa de controle de qualidade dos produtos e serviços, e a partir do uso do CEP, será também possível a identificação e concretização de melhorias no processo e no produto (SLACK *et al*, 2008).

2.5.3 Histórico do Controle Estatístico de Processo

Segundo Peinado; Graeml (2007), o marco inicial do uso de ferramentas estatísticas para o controle de processo foi em 1924, em uma empresa de nome *Bell Telephone Laboratories*, por meio do uso de gráficos de controle para localizar e amenizar as causas dos desvios anormais do processo, bancando também, menores custos de produção, conforme cita Statit Software (2015). A partir deste momento, a importância do uso de métodos estatísticos para encontrar e resolver problemas aumentou em âmbito industrial. Porém, somente depois de adotada a ideia de produção em larga escala, após 1944, iniciado no Japão, que o CEP foi amplamente usado como forma de obtenção de controle eficiente e seguro dos processos.

2.5.4 Ferramentas e Conceitos Relacionados ao Controle Estatístico de Processo

A fim de possibilitar melhor entendimento do sistema de controle do CEP, se faz necessária a apresentação de alguns conceitos e ferramentas estatísticas utilizadas para o aproveitamento efetivo do sistema.

2.5.4.1 Variabilidade

A compreensão e adaptação para a previsibilidade dos fenômenos naturais é possível por meio da análise realizada pelo homem, dos acontecimentos em questão. A repetitividade dos acontecimentos permite ao homem entender e prever o comportamento natural do tempo, como por exemplo, a previsão de ocorrências de tornados, chuvas e ciclones, possibilitando que o homem possa se programar e tomar medidas preventivas não para evitar os acontecimentos, mas

para ao menos, reduzir os efeitos negativos que o acontecimento poderia lhe incitar (MOREIRA, 2008).

Não é possível, porém, afirmar que inexistem variações nos acontecimentos, sendo impossível se ter total certeza da ocorrência da chuva, por exemplo. Do mesmo modo, é necessário aceitar que existe variação nos acontecimentos realizados criados pelo homem, como por exemplo, na indústria de transformação (SLACK *et al*, 2008).

Em tese, o processo de fabricação atual deveria permitir a transformação de matérias primas em produtos finais perfeitos, sem variações nas suas características de projeto, isso por estes processos utilizarem-se de equipamentos modernos e automatizados, porém isso na prática, não ocorre (SLACK *et al*, 2008; MOREIRA, 2008).

Para exemplificar a questão, assume-se que um fabricante, entendido aqui como o cliente, de motores elétricos requisita a fabricação de uma quantidade específica de eixos para o seu fornecedor, entendido aqui como o fabricante. O cliente tem como especificação de projeto, a medida de 22,450 milímetros de raio, a qual repassa para o fabricante. Algumas peças em meio ao lote fabricado possivelmente atenderão ao requisito de tamanho de raio do eixo de 22,450 milímetros, porém, caso o fabricante ou o cliente utilizem um instrumento de medição com maior precisão, será possível perceber que nem mesmo as peças citadas terão a medida exata. Na prática há a obtenção de eixos com medidas aproximadas aos 22,450 milímetros, requisitados pelo cliente (GAITHER; FRAZIER, 2002; MARTINS; LAUGENI, 2002).

Os eixos terão medidas acima ou abaixo da dimensão definida no projeto. Baseado no quanto acima ou abaixo a medida final se encontra em relação ao valor projetado, é que será definido se a peça poderá ou não ser utilizada pelo cliente. Devemos encarar então, o processo industrial não como um processo perfeito, porém sim como um sistema com inúmeras causas de variação (GAITHER; FRAZIER, 2002; MARTINS; LAUGENI, 2002, MOREIRA, 2008; SLACK *et al*, 2008).

2.5.4.2 Amostragem

O objetivo da análise estatística está no apoio às decisões baseado no estudo das informações de uma população, informações estas inferidas por

amostras retiradas da população em estudo, também chamada aqui por lote (MONTGOMERY, 2014).

A fabricação de produtos, segundo Gaither; Frazier (2002) é dividida em lotes e, o controle de qualidade é feito com base em amostras retiradas de cada lote. Conforme Ritzman; Krajewski (2004), o uso de um sistema de amostragem é vantajoso, frente a uma análise completa do lote, quando os custos de inspeção são altos, quando o conhecimento técnico para realização da inspeção é complexo ou quando os testes necessários são destrutivos. Para este tipo de controle, é interessante o uso de amostras aleatórias (GAITHER; FRAZIER, 2002).

Em uma amostra aleatória, quaisquer dos valores da população tem a mesma chance de ser coletado, de modo a possibilitar maior credibilidade nas informações retiradas por meio da análise estatística (MONTGOMERY, 2014). Reforçando conceito, Gaither; Frazier (2002) afirmam que tal método é importante para garantir que os resultados coletados de ensaios de partes do lote representem a realidade do todo, possibilitando assim, uma medição eficaz das características do lote e rebatê-las frente aos padrões.

Quando tratado do assunto destas características, há a possibilidade de dividi-las em dois grupos de medição: medição por atributos e medição por variáveis (GAITHER; FRAZIER, 2002; MOREIRA, 2008).

Por atributos, têm-se as características dos produtos ou serviços que são rapidamente avaliadas e classificadas por sua conformidade ou não, ou seja, as características são avaliadas e com conclusão simples, infere-se que produto atende ou não atende à característica. Para a cerâmica para revestimentos, exemplifica-se a avaliação de atributos como a característica de tonalidade do material acabado, que pode estar conforme a placa padrão de tonalidade ou não está conforme a esta placa (RITZMAN; KRAJEWSKI, 2004).

A análise por variáveis é tida por características do produto ou serviço que são passíveis de medição do seu nível de atendimento, como o peso do produto, o tamanho do produto ou a sua espessura. Em uma peça de cerâmica para revestimento, a característica de tamanho do produto acabado, medida em décimos de milímetros, é considerada como uma variável. É enfatizado por Gaither; Frazier (2002) que a análise de variáveis se faz, comparando o resultado com um limite padrão pré-determinado e tido como aceitável. (RITZMAN; KRAJEWSKI, 2004).

2.5.4.3 Tamanho das amostras

Ao se aumentar a quantidade de amostras, tem-se incremento no custo de testes e de amostragem, porém, com isso, espera-se um aumento na qualidade dos produtos. Os produtos que precisam ser muito confiáveis em relação aos seus atributos, precisam de uma quantidade amostral muito superior aos demais, por exemplo, um fabricante de turbinas de avião testam todos os produtos com relação a um padrão de qualidade, visto que mau funcionamento de uma turbina de avião poderá levar a consequências desastrosas em seu uso final (CHASE; JACOBS; AQUILANO, 2006).

Muitos, a fim de buscar redução de custos dos testes, sem perder a sistemática de amostrar 100% do lote, automatizam os testes, de modo que estes sejam realizados na própria linha de produção. Existem processos ou produtos que não possibilitam um grande percentual de amostragem sobre o lote, pelo alto custo dos testes, nestes casos, deve-se ater ao fato de que amostras muito grandes são caras, porém amostras muito pequenas provocam comumente resultados não confiáveis (GAITHER; FRAZIER, 2002).

Mesmo quando não e utiliza a inspeção da quantidade total da população ou neste caso, do lote, é possível obter-se através de um plano de amostragem bem planejado, grande confiabilidade nas informações recolhidas por meio da análise estatística (RITZMAN; KRAJEWSKI, 2004).

A fim de orientar sobre o momento ideal para a realização de inspeções durante o processo produtivo, Gaither; Frazier (2002) citam itens importantes a se considerar ao criar-se os planos de amostragem. Primeiramente, é importante a existência de inspeções após os processos que tem chance de resultar em produtos defeituosos. Também se faz importante a existência de inspeções em momentos que precedem as operações mais onerosas. Seguindo, a existência de inspeções em momentos que precedem as operações que cobrem os defeitos é indicada, sendo que a inspeção deve ocorrer também antes de processos que não tem a possibilidade de serem desfeitos. Em máquinas automáticas, pode-se focar a inspeção no início e final da operação, podendo-se reduzir as inspeções de peças intermediárias. E, por fim, os produtos acabados devem sempre serem inspecionados.

Reforçando estas colocações, Montgomery (2014) descreve que quanto maior a população, ou o lote, maior deve ser o tamanho da amostra coletada e que amostragens maiores possibilitam evidenciar as leves alterações no processo ou produto, logo, ao se criar o plano de amostragem, deve-se levar em consideração qual o nível de detalhamento desejado para cada característica a ser controlada em cada etapa do processo. Acrescenta-se que comumente as variáveis recebem um menor percentual amostrado que atributos.

Por meio das orientações, assume-se que a característica de qualidade do produto final terá resultados mais promissores caso os controles de garantia da qualidade, realizados nos setores anteriores, sejam utilizados com seriedade e padronizados, com limites de aceitação para as grandezas analisadas (GAITHER; FRAZIER, 2002; RITZMAN; KRAJEWSKI, 2004; CHASE; JACOBS; AQUILANO, 2006; MONTGOMERY, 2014)

2.5.4.4 Gráficos de controle

A análise da qualidade dos produtos em cada operação produtiva é imprescindível para a melhoria de qualidade do produto acabado. Um modo facilitador da tarefa de acompanhamento dos processos é tido como gráfico de controle, ferramenta com a qual, de acordo com Ritzman; Krajewski (2004), é possível visualizar o comportamento de atributos ou variáveis de um determinado período, contra limites padrões pré-determinados. O processo é considerado sob controle quando os dados amostrais estão próximos aos padrões pré-definidos, porém, será necessária uma ação corretiva quando os dados amostrais se distanciarem dos padrões (GAITHER; FRAZIER, 2002).

Para Montgomery (2014), há uma série de vantagens no uso dos gráficos de controle. Em primeira instância, o seu uso permite a redução de perdas no processo, garantindo melhoria na produtividade. Também são grandes aliados na prevenção de produtos defeituosos, se utilizados em setores anteriores ao produto acabado. Quando usados também evitam desgaste humano e perda de tempo em ajustes desnecessários nos equipamentos e fornecem informações de diagnóstico para quando necessário for investigar as causas especiais. Finalizando, estes gráficos possibilitam conhecer a capacidade do processo em atender os limites de especificação pré-determinados.

Segundo Costa; Epprecht; Carpinetti (2005) deve haver a sistemática de permanente controle dos processos, para que desvios que retiram do valor alvo a média dos resultados de um controle e uma investigação a fim de identificar as causas especiais da variação ocorrida deve ser realizada, isso é feito com o objetivo de se tomar ações para eliminar a causa do desvio.

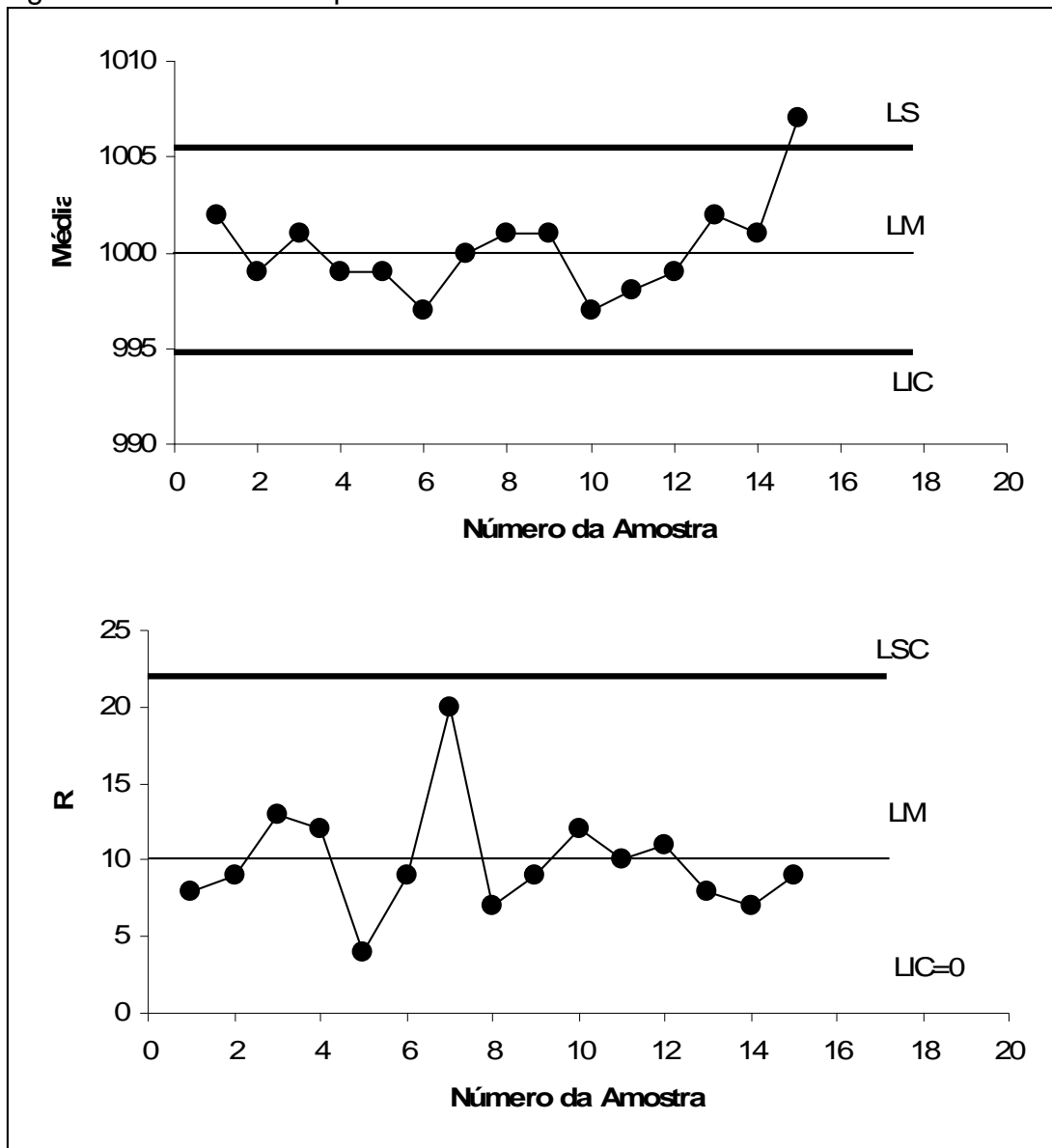
Os gráficos de controle permitem o alerta para casos em que as características de um processo estão se deslocando de uma variabilidade tida por causas naturais, inerentes as condições de produção, e sem necessidade de intervenção para uma variabilidade tida por causas especiais, com necessidade de intervenção para restaurar o controle da característica em análise (CORRÊA; CORRÊA; 2012).

Nos casos em que a avaliação avança além dos limites pré-determinados, uma investigação das causas deve ser realizada, quando os resultados indicam que a qualidade do produto foi ou será prejudicada no decorrer do processo, aplica-se medidas corretivas, como treinamentos, ajustes ou substituições de partes desgastadas de máquinas. Porém, se com a variação dos dados no gráfico de controle houve incremento na qualidade dos produtos acabados, uma investigação dos motivos também é prudente, para que o índice superior de qualidade possa ser mantido (COSTA; EPPRECHT; CARPINETTI, 2005).

Um exemplo aceito usa a produção de leite em sua fase de envasamento, onde há a possibilidade de envasamento demasiado de leite em cada embalagem, que aumenta o risco destas embalagens estourarem na etapa de transporte, ou há a possibilidade de envasamento de leite com menor quantidade do que a de projeto, que leva a empresa a ser multada. A fim de evitar estes desvios não aceitos no processo, a característica em análise deve ser constantemente monitorada, sendo que os gráficos de controle são citados a principal ferramenta de monitoramento e sinalização de falhas e desvios nesta situação (GAITHER; FRAZIER, 2002; MONTGOMERY, 2014).

Na Figura 4 apresentam-se duas análises gráficas, baseadas no exemplo apresentado, de modo que a primeira análise gráfica se refere à dispersão das amostras em relação ao valor médio de mililitros de leite por caixa e, na segunda análise gráfica (R), apresenta-se como a dispersão do controle de amplitude dos testes efetuados em relação à diferença de mililitros entre as diferentes amostragens efetuadas (COSTA; EPPRECHT; CARPINETTI, 2005).

Figura 4 - Análise de dispersão de variáveis.



Fonte: Costa; Epprecht; Carpinetti (2005, p. 29).

Enquanto os pontos apresentados nos gráficos estiverem próximos à linha média de controle (LM), não há necessidade de intervenção no processo, já que esta variação é proveniente de alterações normais do processo produtivo, decorrentes de causas aleatórias, porém, quando um destes pontos de controle excede uma linha limite de controle, seja esta superior ou inferior, há a necessidade de intervenção, com o uso de uma ação corretiva (GAITHER; FRAZIER, 2002; CHASE; JACOBS; AQUILANO, 2006).

Por meio da Figura 4 é possível entender e confirmar, a facilidade e praticidade de uso dos gráficos de controle, durante o acompanhamento de variáveis

mensuráveis no processo produtivo (GAITHER; FRAZIER, 2002; COSTA; EPPRECHT; CARPINETTI, 2005; CHASE; JACOBS; AQUILANO, 2006).

Também é possível concluir, por meio da Figura 4, que o uso desta ferramenta possibilita a identificação de desvios nos controles, de forma visual e, se utilizada em conjunto com os gráficos de diferentes variáveis que seriam controladas no mesmo espaço de tempo, há ainda a possibilidade de correlacionar os acontecimentos e agilizar a identificação das causas do desvio no controle em questão (CORRÊA; CORRÊA, 2012; MONTGOMERY, 2014).

2.5.4.5 Histograma

O gráfico de controle, apresentado anteriormente e utilizado para atributos e variáveis permite conclusões importantes sobre o processo em estudo, porém é indicado que junto àquela ferramenta, também seja utilizado o histograma, uma ferramenta estatística que complementar a análise tida pelo gráfico de controle e que é apresentada a seguir (CORRÊA; CORRÊA, 2012; MOREIRA, 2008).

O histograma, também conhecido como gráfico de frequências, é tido como uma ferramenta estatística utilizada para representação visual das frequências de acontecimentos de uma variável a ser estudada, simplificando a relação entre as frequências de acontecimentos, conforme citam Corrêa; Corrêa (2012). O histograma permite ao usuário representar graficamente a quantidade de ocorrências de resultados amostrais, segregando-os em diversas faixas sequenciais, tidos em relação à grandeza em análise. É possível ainda, através desta ferramenta, conhecer a dispersão dos dados ao longo de toda a amostragem disponível (STATIT SOFTWARE, 2007; MONTGOMERY, 2014).

Para a criação deste gráfico de frequências, se faz necessário o cálculo de alguns coeficientes preliminares, os quais podem ser avaliados no Quadro 2. Estes dados deverão ser calculados utilizando-se do conjunto amostral resultante dos resultados dos controles já pré-determinados a serem acompanhados no local de trabalho. Geralmente, a fim de prover maior confiabilidade na análise realizada, é sugerido que se disponha de ao menos 50 dados amostrais, retirados da população em estudo, para a criação do histograma (LIMA *et al*, 2006; JESUS; BECKER; SEBEN, 2010; MONTGOMERY, 2014).

Quadro 2 - Análise de dispersão de variáveis.

Descrição da informação a ser calculada	Representação estatística	Como calcular a informação
Quantidade de amostras	n	Contabilizar a quantidade de dados amostrais
Menor valor	$X_{mín.}$	01 - Classificar os dados em ordem crescente; 02 - Recolher o primeiro valor apresentado.
Maior valor	$X_{máx.}$	01 - Classificar os dados em ordem crescente; 02 - Recolher o último valor apresentado.
Amplitude dos dados	R	$R = X_{máx.} - X_{mín.}$
Número de classes	k	$k = \sqrt{n}$
Amplitude das classes	h	$h = \frac{R}{k}$
Limites das classes	Não aplicável	Para a primeira classe: $Classe 01_{mín.} = X_{mín.}$ $Classe 01_{máx.} = X_{mín.} + h$ Para as demais classes: $Classe n_{mín.} = Classe n - 1_{máx.}$ $Classe n_{máx.} = Classe n_{mín.} + h$

Fonte: Baseado em Lima *et al* (2000); Jesus; Becker; Sebben (2010); Montgomery (2014).

Utilizando-se dos dados do Quadro 2 é possível construir uma tabela de frequências, conforme exemplificado na Tabela 1.

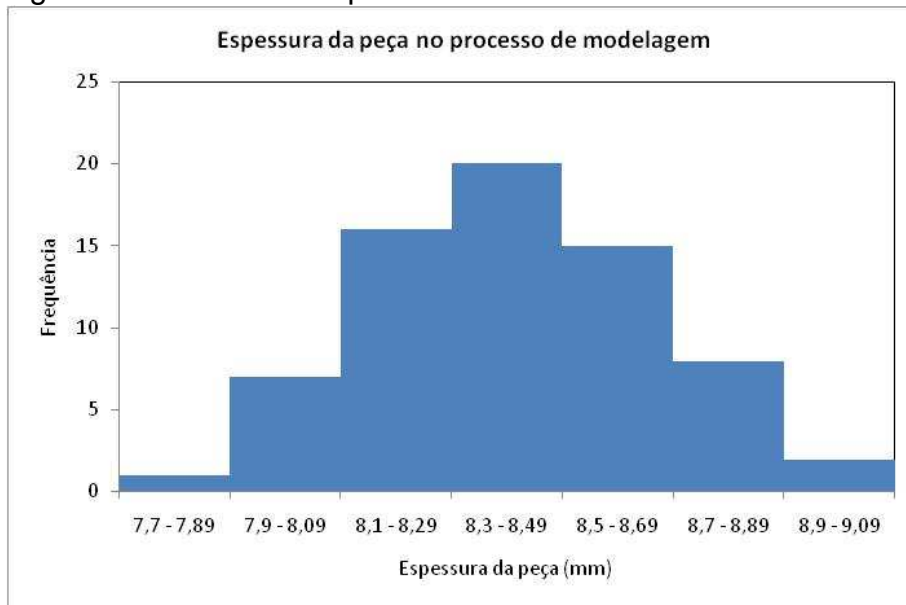
Tabela 1 - Análise de dispersão de variáveis.

Classe	Limite inferior da classe	Limite superior da classe	Frequência
1	7,70	7,89	1
2	7,90	8,09	7
3	8,10	8,29	16
4	8,30	8,49	20
5	8,50	8,69	15
6	8,70	8,89	8
7	8,90	9,09	2

Fonte: Lima *et al* (2000); Jesus; Becker; Sebben (2010); Montgomery (2014).

Finalizada a tabela de frequências, o diagrama conhecido como histograma pode ser traçado sem dificuldades, criando-se, para isso, colunas para cada classe alinhadas a um eixo horizontal, conforme demonstrado na Figura 5.

Figura 5 - Análise de dispersão de variáveis.



Fonte: Lima *et al* (2000); Jesus; Becker; Sebben (2010); Montgomery (2014).

Na Figura 5, os dados da Tabela 6 foram alinhados em forma gráfica, com uma coluna para cada classe, de forma sequencial. Algumas análises podem ser feitas por meio do histograma, tais quais como está se comportando a amplitude de distribuição dos dados amostrais, podendo os resultados se apresentarem com maior frequência de ocorrências centralizadas nos limites de especificação, com alta quantidade de dados nas classes centrais e baixa quantidade de dados nas classes extremas. Há a possibilidade também do histograma se manter deslocado em relação ao valor central dos limites de especificação, o que indicaria não atendimento a especificação, porém estabilidade dos resultados em relação ao tempo (LIMA *et al*, 2006; JESUS; BECKER; SEBBEN, 2010; CORRÊA; CORRÊA, 2010; MONTGOMERY, 2014).

2.5.4.6 Capacidade do Processo

A fim de possibilitar a análise de qual a capacidade que o processo possui em se manter dentro dos limites de especificação, usam-se comumente os índices de capacidade do processo. Serão utilizados para este estudo, os índices C_p e C_{pk} , que representam a capacidade do processo a partir de cálculos estatísticos baseados nos limites de especificação, média e desvio padrão (RITZMAN; KRAJEWSKI, 2004; STATIT SOFTWARE, 2007; CORRÊA; CORRÊA, 2012).

Diz-se que para que um processo seja listado como capaz no que se refere à manutenção dos valores de controle em sua média, com desvio padrão aceitável, os índices de capacidade devem estar acima de 1,00. Alguns autores, como Montgomery (2014) sugerem o uso de um valor maior para a análise da capacidade de um processo, como o valor de 1,33 para definir um processo como sendo capaz. Processos com valores de índice de capacidade abaixo de 1,00 são considerados incapazes (LIMA *et al*, 2006; JESUS; BECKER; SEBBEN, 2010).

Com relação ao C_p , o índice de capacidade é relacionado à média dos valores da amostragem. Este é a relação entre a amplitude dos limites de aceitação definidos em projeto, também chamados aqui de limites de especificação, e a amplitude dos limites de controle (RITZMAN; KRAJEWSKI, 2004; JESUS; BECKER; SEBBEN, 2010; MONTGOMERY, 2014).

Limites de controle são calculados com base no desvio padrão dos dados amostrais, sendo considerados por ordem de análise, o uso de três desvios padrão para cima e para baixo, totalizando seis desvios padrão, a fim de definir-se os limites de controle. Os limites de especificação são representados como limite inferior de especificação – LIE e limite superior de especificação – LSE, no Quadro 3, que apresenta matematicamente a relação da amplitude de especificação (LSE – LIE) e a amplitude de controle (6σ) (RITZMAN; KRAJEWSKI, 2004; LIMA *et al*, 2006; JESUS; BECKER; SEBBEN, 2010).

O C_p , apesar de indicar a capacidade do processo em se manter dentro de uma concentração especificada ao longo do tempo, não indica com eficiência o desempenho. Para contornar essa situação, usa-se em conjunto, o índice de capacidade C_{pk} , que complementa o valor C_p , de modo que este é reduzido a medida que a concentração dos valores amostrais se distancia do centro dos limites de especificação. Para o cálculo do C_{pk} , conforme demonstrado no Quadro 3, são realizados dois cálculos separadamente, um para a parte superior do limite de especificação (LSE – x) e um segundo cálculo para a parte inferior do limite de especificação (x – LIE). A relação de cada uma destas amplitudes pela metade da amplitude dos limites de controle (3σ) sugere dois valores de capacidade para o C_{pk} . Deve-se utilizar o menor valor apresentado, descartando-se o maior valor (RITZMAN; KRAJEWSKI, 2004; MONTGOMERY, 2014).

Quadro 3 – Representação das fórmulas matemáticas para o C_p e C_{pk} .

Índice	Cálculo	Informações adicionais
C_p	$C_p = \frac{LSE - LIE}{6\sigma}$	σ representa o desvio padrão dos valores amostrais
C_{pk}	$C_{pk} = \text{mínimo} \frac{LSE - x}{3\sigma} ; \frac{x - LIE}{3\sigma}$	σ representa o desvio padrão dos valores amostrais x representa a média dos valores amostrais O maior valor calculado será descartado.

Fonte: Lima *et al* (2000); Ramos *et al* (2006); Jesus; Becker; Sebben (2010); Montgomery (2014).

Segundo Montgomery (2014), a os índices de capacidade de processo C_p e C_{pk} podem ser utilizados também para avaliar se processo está centralizado ou não. Um processo centralizado possui seus dados de controle na parte central dos limites de especificação, já um processo descentralizado, ou descentrado, possui seus dados concentrados nas áreas adjacentes dos limites de especificação. Com relação aos índices de capacidade, têm-se que se $C_p = C_{pk}$, então o processo está centrado, ou seja, os valores estão alinhados próximos a linha central dos limites de especificação. Caso $C_p > C_{pk}$, então o processo está descentrado, ou seja, os valores de controles estão concentrados em uma área mais distante em relação ao valor central dos limites de especificação.

A análise da capacidade do processo trouxe a esta pesquisa, informações importantes, possibilitando situar a situação dos controles analisados no contexto sugerido bibliograficamente.

No capítulo subsequente estão dispostos os procedimentos metodológicos utilizados para o desenvolvimento da pesquisa.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Este capítulo tem como objetivo descrever a metodologia utilizada no decorrer desta pesquisa.

Apresenta-se a palavra método como originária do grego *methodos*, cujo significado é proveniente da junção de outras duas palavras também gregas, *meta* e *hodos*, representando por final, a expressão, “através ou ao longo do caminho” conforme Magalhães (2005, pág. 22). Por meio do método, a pesquisa pode alinhada em sequências lógicas e coerentes, lhe garantindo maior credibilidade.

Para Oliveira (1999), a pesquisa é a sistemática de uso de uma série de ferramentas e conhecimentos teóricos para a elucidação de perguntas previamente formuladas. Durante a pesquisa, o planejamento e o uso de uma metodologia científica devem tomados por foco.

3.1 DELINEAMENTO DA PESQUISA

Quanto aos fins de investigação, este presente trabalho caracterizou como uma pesquisa descritiva. A pesquisa descritiva consiste na análise detalhada de um acontecimento problemático, elegendo-se variáveis de estudo as quais serão recolhidas e trabalhadas, de forma a gerar informações acerca da situação problema (Vianna, 2001).

Ocorreu, no estudo a necessidade preliminar de recolhimento das informações controles de processo do setor de modelagem. Houve o estudo destes dados para a análise da condição atual de controle em relação às ferramentas propostas pelo controle estatístico de processo.

Quanto aos meios de investigação, esta pesquisa é classificada como bibliográfica e documental.

Segundo Oliveira (1999) na pesquisa bibliográfica usa-se de acervos disponíveis, físicos ou virtuais a fim de se buscar o conhecimento acumulado por autores anteriores, o que permite o maior entendimento sobre um determinado fenômeno ou assunto.

Na pesquisa realizada, houve a necessidade de busca de conhecimento acerca do controle estatístico de processo e de suas ferramentas de análise, objetivando a inclusão destas ferramentas na ferramenta de análise e o uso do

conhecimento analítico para a avaliação das informações conquistadas por meio da ferramenta de análise dos dados.

A pesquisa documental trata do uso de dados para a análise, das mais diversas fontes secundárias, isto é, os dados não foram criados pelo pesquisador. Os dados recolhidos serão trabalhados e correlacionados a fim de gerar informações pertinentes à elucidação da situação problema. Dados estatísticos de fontes privadas estão classificados como pesquisa documental (MARCONI; LAKATOS, 2008).

Para esta pesquisa, foram utilizados dados recolhidos de uma fonte privada, e posteriormente correlacionou-se e trabalhou-se estatisticamente os para a geração de informações necessárias para a análise. Na pesquisa, foram calculados estatisticamente os índices de capacidade bem como foram gerados os gráficos de controle e histograma.

3.2 DEFINIÇÃO DA ÁREA OU POPULAÇÃO-ALVO

Segundo Oliveira (1999), população é o universo de dados acerca do tema estudado e, em muitos casos, é impossível a análise de todo o universo pesquisado, logo, há a necessidade de recolhimento de uma parcela dos dados a fim de possibilitar a execução da pesquisa.

Para a empresa estudada, foram disponibilizados dados limitados ao setor de modelagem, no período de janeiro a abril de 2015. Para a análise dos dados, foram usados 100% dos dados disponíveis, não sendo necessário o cálculo amostral para balizar a quantidade de dados.

3.3 PLANO DE COLETA DE DADOS

A coleta dos dados dos controles de processo a serem analisados aconteceu previamente por meio de implantação de um processo de informatização do processo produtivo. Um *software* interno é utilizado para o lançamento, arquivamento e recuperação de dados em formato de banco de dados, que pode ser exportado para ser utilizado em outros *softwares*.

Para a alimentação dos dados no setor de modelagem da unidade fabril avaliada, os operadores responsáveis pela execução dos controles foram devidamente treinados para a utilização do Sistema de Gestão Integrada - SGI.

A sistemática de informatização dos dados dos controles de processo foi afinada de modo a agilizar o processo de digitação das informações, bem como evitar e bloquear erros relacionados a escolha incorreta do equipamento, processo e até mesmo digitações de valores irrealistas, muito acima ou abaixo à escala de trabalho do controle. O acompanhamento da eficiência de digitação dos controles de processos e treinamento de novos funcionários para a realização da tarefa fica sob responsabilidade da área de qualidade da unidade, com o apoio da liderança do setor.

Figura 6- Tela para o apontamento de variáveis no SGI.

MODELAGEM p/ HORA					
Processo:	4	Gres Porcellanato			
Item :	8021329	BETON GRAY AC 60X60#			
Bitola:	3429	PORC. 60X60CM 9,5MM 60x60			
Prensa:	1	Prensa 01			
Forno Vidro:	1	F01			
Data:	04/05/2015				
Hora:	20:00	Linha Parada:	Nao		
Responsavel:	P Producao	OF :	61617		
Variavel:	9 Umidade	Valor:	0,00	%	
Usuario:	ff034983 FABIANO DA SILVA FRANCISCO				

Variavel	Valor	Status	Variavel	Valor	Status

Informe valor da variavel

Fonte: SGI (2015).

Na Figura 6, é possível observar a tela de inclusão de dados de controles de processo no SGI. Existem campos para preenchimento das informações do produto e equipamentos em uso, possibilitando posterior rastreamento das informações, os quais incluem os equipamentos prensa e forno, o código da referência e sua ordem de fabricação (OF) e o processo de fabricação. Há campos também para o informe dos valores das variáveis do processo, que são pré-estabelecidas, junto aos seus limites de especificação.

A informatização dos dados de controles de processo alimenta um banco de dados que pode ser extraído do SGI para uso em programas externos, tais como o *Microsoft Excel*.

Figura 7- Banco de dados disponibilizado pelo SGI.

Unidade	1	31	Período	02/01/2015	00:00 a	31/05/2015	23:59	Padrao	?									
Processo	Todos os Processos		Bitola	Todas	Prensa	Todas	Equipamento	Todos										
Setor	Todos		Variavel	Todas	Usuario													
Data	Hora	Bitola	Desc Bit	Tamanho	Prensa	Forno	Usuario	Variavel	Desc. Var.	Valor	Un	Status	Min	Max	Processo	Pto	OF	Dispositivos
02/01/2015	01:00	2296	PORC. 45x45-E.II-8,5	45x45	Prensa 02	F01		9	Umidade	6,9 %	OK	6,8	7,3	Gres Porcellanato	Modelagem 1 x Hora	56449		
02/01/2015	01:00	2296	PORC. 45x45-E.II-8,5	45x45	Prensa 02	F01		22	P.Manom.2a.Pren	225 kgf/cm2	OK	185	255	Gres Porcellanato	Modelagem 1 x Hora	56449		
02/01/2015	01:00	2296	PORC. 45x45-E.II-8,5	45x45	Prensa 02	F01		53	Carregamento C1	4150 g	OK	4110	4210	Gres Porcellanato	Modelagem 1 x Hora	56449		
02/01/2015	01:00	2296	PORC. 45x45-E.II-8,5	45x45	Prensa 02	F01		54	Carregamento C2	4120 g	OK	4110	4210	Gres Porcellanato	Modelagem 1 x Hora	56449		
02/01/2015	01:00	2296	PORC. 45x45-E.II-8,5	45x45	Prensa 02	F01		189	Espessura min	9,3 mm	OK	9,3	9,6	Gres Porcellanato	Modelagem 1 x Hora	56449		
02/01/2015	01:00	2296	PORC. 45x45-E.II-8,5	45x45	Prensa 02	F01		190	Espessura max	9,6 mm	OK	9,3	9,6	Gres Porcellanato	Modelagem 1 x Hora	56449		
02/01/2015	01:00	2296	PORC. 45x45-E.II-8,5	45x45	Prensa 02	F01		964	Temperatura da Peca	113 oC	OK	90	120	Gres Porcellanato	Modelagem 1 x Hora	56449		
02/01/2015	01:00	3429	PORC. 60X60CM 9,5MM	60x60	Prensa 03	F02		9	Umidade	6,9 %	OK	6,8	7,3	Gres Porcellanato	Modelagem 1 x Hora	56451		
02/01/2015	01:00	3429	PORC. 60X60CM 9,5MM	60x60	Prensa 03	F02		22	P.Manom.2a.Pren	330 kgf/cm2	OK	220	350	Gres Porcellanato	Modelagem 1 x Hora	56451		
02/01/2015	01:00	3429	PORC. 60X60CM 9,5MM	60x60	Prensa 03	F02		53	Carregamento C1	8200 g	OK	8100	8300	Gres Porcellanato	Modelagem 1 x Hora	56451		
02/01/2015	01:00	3429	PORC. 60X60CM 9,5MM	60x60	Prensa 03	F02		189	Espessura min	10,2 mm	OK	10,2	10,5	Gres Porcellanato	Modelagem 1 x Hora	56451		
02/01/2015	01:00	3429	PORC. 60X60CM 9,5MM	60x60	Prensa 03	F02		190	Espessura max	10,5 mm	OK	10,2	10,5	Gres Porcellanato	Modelagem 1 x Hora	56451		
02/01/2015	01:00	3429	PORC. 60X60CM 9,5MM	60x60	Prensa 03	F02		964	Temperatura da Peca	115 oC	OK	90	120	Gres Porcellanato	Modelagem 1 x Hora	56451		
02/01/2015	01:00	3429	PORC. 60X60CM 9,5MM	60x60	Prensa 08	F04		9	Umidade	7,1 %	OK	6,8	7,3	Gres Porcellanato	Modelagem 1 x Hora	57228		
02/01/2015	01:00	3429	PORC. 60X60CM 9,5MM	60x60	Prensa 08	F04		22	P.Manom.2a.Pren	290 kgf/cm2	OK	220	350	Gres Porcellanato	Modelagem 1 x Hora	57228		
02/01/2015	01:00	3429	PORC. 60X60CM 9,5MM	60x60	Prensa 08	F04		53	Carregamento C1	8210 g	OK	8100	8300	Gres Porcellanato	Modelagem 1 x Hora	57228		
02/01/2015	01:00	3429	PORC. 60X60CM 9,5MM	60x60	Prensa 08	F04		189	Espessura min	10,2 mm	OK	10,2	10,5	Gres Porcellanato	Modelagem 1 x Hora	57228		
02/01/2015	01:00	3429	PORC. 60X60CM 9,5MM	60x60	Prensa 08	F04		190	Espessura max	10,5 mm	OK	10,2	10,5	Gres Porcellanato	Modelagem 1 x Hora	57228		
02/01/2015	01:00	3429	PORC. 60X60CM 9,5MM	60x60	Prensa 08	F04		964	Temperatura da Peca	120 oC	OK	90	120	Gres Porcellanato	Modelagem 1 x Hora	57228		
02/01/2015	01:00	3429	PORC. 60X60CM 9,5MM	60x60	Prensa 04	F02		9	Umidade	6,9 %	OK	6,8	7,3	Gres Porcellanato	Modelagem 1 x Hora	54229		
02/01/2015	01:00	3429	PORC. 60X60CM 9,5MM	60x60	Prensa 04	F02		22	P.Manom.2a.Pren	330 kgf/cm2	OK	220	350	Gres Porcellanato	Modelagem 1 x Hora	54229		
02/01/2015	01:00	3429	PORC. 60X60CM 9,5MM	60x60	Prensa 04	F02		53	Carregamento C1	8205 g	OK	8100	8300	Gres Porcellanato	Modelagem 1 x Hora	54229		
02/01/2015	01:00	3429	PORC. 60X60CM 9,5MM	60x60	Prensa 04	F02		189	Espessura min	10,2 mm	OK	10,2	10,5	Gres Porcellanato	Modelagem 1 x Hora	54229		
02/01/2015	01:00	3429	PORC. 60X60CM 9,5MM	60x60	Prensa 04	F02		190	Espessura max	10,5 mm	OK	10,2	10,5	Gres Porcellanato	Modelagem 1 x Hora	54229		
02/01/2015	01:00	3429	PORC. 60X60CM 9,5MM	60x60	Prensa 04	F02		964	Temperatura da Peca	115 oC	OK	90	120	Gres Porcellanato	Modelagem 1 x Hora	54229		
02/01/2015	05:00	3429	PORC. 60X60CM 9,5MM	60x60	Prensa 04	F02		9	Umidade	7,2 %	OK	6,8	7,3	Gres Porcellanato	Modelagem 1 x Hora	56850		
02/01/2015	05:00	3429	PORC. 60X60CM 9,5MM	60x60	Prensa 04	F02		22	P.Manom.2a.Pren	330 kgf/cm2	OK	220	350	Gres Porcellanato	Modelagem 1 x Hora	56850		
02/01/2015	05:00	3429	PORC. 60X60CM 9,5MM	60x60	Prensa 04	F02		53	Carregamento C1	8145 g	OK	8100	8300	Gres Porcellanato	Modelagem 1 x Hora	56850		
02/01/2015	05:00	3429	PORC. 60X60CM 9,5MM	60x60	Prensa 04	F02		189	Espessura min	10,3 mm	OK	10,2	10,5	Gres Porcellanato	Modelagem 1 x Hora	56850		
02/01/2015	05:00	3429	PORC. 60X60CM 9,5MM	60x60	Prensa 04	F02		190	Espessura max	10,8 mm	FORA	10,2	10,5	Gres Porcellanato	Modelagem 1 x Hora	56850	4 Acima do padrão, regulagem na prensa	
02/01/2015	05:00	3429	PORC. 60X60CM 9,5MM	60x60	Prensa 04	F02		964	Temperatura da Peca	116 oC	OK	90	120	Gres Porcellanato	Modelagem 1 x Hora	56850		
02/01/2015	05:00	2296	PORC. 45x45-E.II-8,5	45x45	Prensa 02	F01		9	Umidade	7,2 %	OK	6,8	7,3	Gres Porcellanato	Modelagem 1 x Hora	56449		
02/01/2015	05:00	2296	PORC. 45x45-E.II-8,5	45x45	Prensa 02	F01		22	P.Manom.2a.Pren	225 kgf/cm2	OK	185	255	Gres Porcellanato	Modelagem 1 x Hora	56449		
02/01/2015	05:00	2296	PORC. 45x45-E.II-8,5	45x45	Prensa 02	F01		53	Carregamento C1	4210 g	OK	4110	4210	Gres Porcellanato	Modelagem 1 x Hora	56449		
02/01/2015	05:00	2296	PORC. 45x45-E.II-8,5	45x45	Prensa 02	F01		54	Carregamento C2	4165 g	OK	4110	4210	Gres Porcellanato	Modelagem 1 x Hora	56449		
02/01/2015	05:00	2296	PORC. 45x45-E.II-8,5	45x45	Prensa 02	F01		189	Espessura min	9,3 mm	OK	9,3	9,6	Gres Porcellanato	Modelagem 1 x Hora	56449		
02/01/2015	05:00	2296	PORC. 45x45-E.II-8,5	45x45	Prensa 02	F01		190	Espessura max	9,5 mm	OK	9,3	9,6	Gres Porcellanato	Modelagem 1 x Hora	56449		
02/01/2015	05:00	2296	PORC. 45x45-E.II-8,5	45x45	Prensa 02	F01		964	Temperatura da Peca	115 oC	OK	90	120	Gres Porcellanato	Modelagem 1 x Hora	56449		
02/01/2015	05:00	3429	PORC. 60X60CM 9,5MM	60x60	Prensa 03	F02		9	Umidade	7,2 %	OK	6,8	7,3	Gres Porcellanato	Modelagem 1 x Hora	56451		
02/01/2015	05:00	3429	PORC. 60X60CM 9,5MM	60x60	Prensa 03	F02		22	P.Manom.2a.Pren	330 kgf/cm2	OK	220	350	Gres Porcellanato	Modelagem 1 x Hora	56451		
02/01/2015	05:00	3429	PORC. 60X60CM 9,5MM	60x60	Prensa 03	F02		53	Carregamento C1	8170 g	OK	8100	8300	Gres Porcellanato	Modelagem 1 x Hora	56451		
02/01/2015	05:00	3429	PORC. 60X60CM 9,5MM	60x60	Prensa 03	F02		189	Espessura min	10,2 mm	OK	10,2	10,5	Gres Porcellanato	Modelagem 1 x Hora	56451		
02/01/2015	05:00	3429	PORC. 60X60CM 9,5MM	60x60	Prensa 03	F02		190	Espessura max	10,5 mm	OK	10,2	10,5	Gres Porcellanato	Modelagem 1 x Hora	56451		
02/01/2015	05:00	3429	PORC. 60X60CM 9,5MM	60x60	Prensa 03	F02		964	Temperatura da Peca	110 oC	OK	90	120	Gres Porcellanato	Modelagem 1 x Hora	56451		
02/01/2015	05:00	3429	PORC. 60X60CM 9,5MM	60x60	Prensa 08	F04		9	Umidade	7,3 %	OK	6,8	7,3	Gres Porcellanato	Modelagem 1 x Hora	57228		
02/01/2015	05:00	3429	PORC. 60X60CM 9,5MM	60x60	Prensa 08	F04		22	P.Manom.2a.Pren	290 kgf/cm2	OK	220	350	Gres Porcellanato	Modelagem 1 x Hora	57228		
02/01/2015	05:00	3429	PORC. 60X60CM 9,5MM	60x60	Prensa 08	F04		53	Carregamento C1	8250 g	OK	8100	8300	Gres Porcellanato	Modelagem 1 x Hora	57228		

Fonte: SGI (2015).

Na Figura 7 é possível conhecer o banco de dados disponibilizado pelo SGI, o que evidencia a dificuldade de análise dos dados sem uma ferramenta adequada para a compilação destes, buscando transformá-los em informações úteis ao gerenciamento do processo.

Para o estudo, foram utilizados dados secundários, que de acordo com Roesch (1999), se dá por dados não originados pelo pesquisador, mas sim por bancos de dados já existentes. Para a análise atual, foram utilizados dados do sistema de gestão da empresa, conforme citando anteriormente.

A pesquisa tem caráter quantitativo, que com base em Oliveira (1999), normalmente é usado em pesquisas descritivas e representa a coleta de informações por quantificação de dados gerados por pesquisas, ou já existentes, que podem ser trabalhados para gerar informações com base nestes.

Nesta pesquisa, o uso de dados é essencial, de modo que sua coleta é puramente quantitativa, visto que foi coletada de um banco de dados de controles de atributos do processo e do produto.

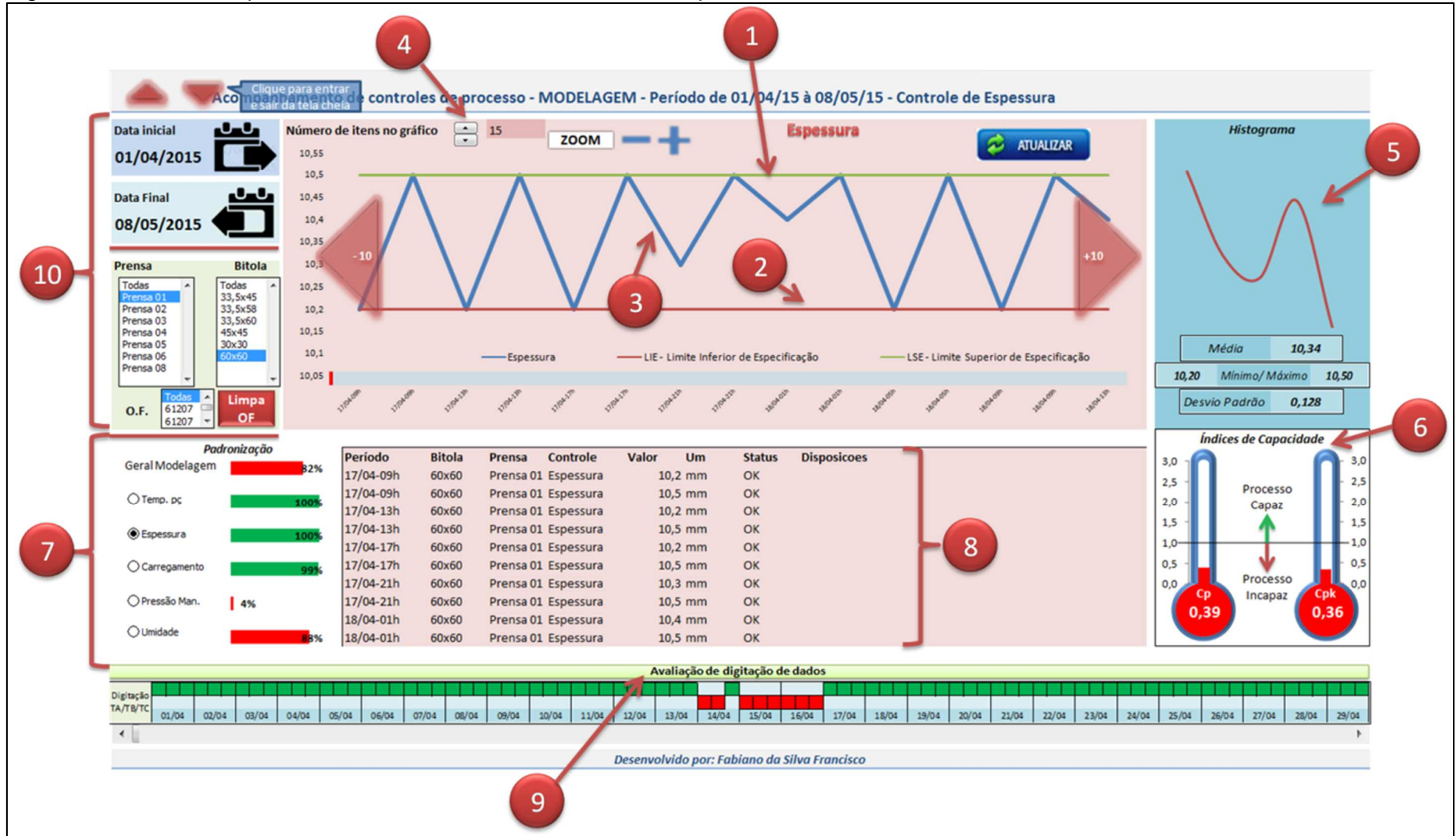
3.4 PLANO DE ANÁLISE DE DADOS

Para Oliveira (1999), o método quantitativo de análise de dados se dá por meio do uso de quantificações de opiniões, pesquisas e dados em si já existentes para assegurar a elucidação da situação problema.

O método de análise de dados do presente trabalho é tido como quantitativo, visto que são utilizados cálculos estatísticos sobre os dados dos controles de atributos do processo e produto de um setor específico em uma indústria de transformação.

Os dados de controles de processo importados do Sistema de Gestão Integrada - SGI eram de difícil análise, pois não haviam ferramentas gráficas adequadas para a sua avaliação. Um *dashboard*, tido por um painel interativo com informações importantes para auxílio para a tomada de decisões, por Benedet (2014), desenvolvido no *Microsoft Excel*, criado e adequado à algumas ferramentas do CEP, possibilita a avaliação dos dados de forma mais objetiva e possui baixo custo em relação a um *software* externo. Aquele também é passível de ajustes personalizados, dedicados ao usuário final. Estas características foram levadas em conta na escolha de uso inicial do *Microsoft Excel* para a criação do *dashboard*.

Figura 8 - Dashboard para a análise dos dados de controle de processo.



Fonte: Dados do autor.

A partir do *dashboard* criado e demonstrado na Figura 9, será possível realizar a avaliação dos dados de controle de processo como maior eficácia, agilidade e precisão. No *dashboard* apresentado, estão disponíveis as ferramentas: gráfico de controle, histograma, representado na forma de polígono de frequências, índice de capacidade do processo C_p e índice de capacidade do processo C_{pk} .

No gráfico de controle foram traçados o LSE - limite superior de especificação (1) e LIE - limite inferior de especificação (2), bem como a linha de comportamento da variável em análise (3). A quantidade de dados apresentada no gráfico pode ser reduzida ou aumentada a partir do campo número de itens no gráfico (4).

O histograma foi apresentado como um polígono de frequências (5), substituindo as barras, porém não interferindo na análise. Este possui apoio dos dados estatísticos média, menor valor, maior valor e desvio padrão. O campo índice de capacidade apresenta os resultados para o C_p e C_{pk} , respectivamente, com visualização visual por meio de um gráfico de termômetro (6), demonstrando se o processo é considerado capaz ou incapaz de se manter dentro dos limites. O campo padronização apresenta a quantidade relativa de dados coletados que estão dentro dos limites LIE e LSE (7). Foram acrescentados os campos para a visualização individual dos resultados dos ensaios (8), a fim de possibilitar a análise detalhada de seu comportamento e avaliar a disposição tomada para os casos onde o resultado do ensaio se manteve além dos limites LIE e LSE.

Continuando a descrição da Figura 9, representa-se no campo avaliação de digitação de dados (9), a situação de existência ou inexistência de dados, dentro do banco de dados importado do SGI, ou seja, apresenta-se a situação da informatização dos controles de processo para cada turno de trabalho. Inseriu-se também, campos para filtro (10) das informações de período a ser analisado, equipamento prensa, bitola e OF - ordem de fabricação, possibilitando a realização de análises específicas e abrangentes

4 ANÁLISE DOS DADOS DA PESQUISA

Neste capítulo serão apresentados o contexto produtivo que presta apoio a pesquisa bem como os resultados da pesquisa propriamente dita, iniciando-se a partir do contexto da cerâmica de revestimentos.

4.1 CERÂMICA DE REVESTIMENTO

Visando prover apoio para maior elucidação dos dados da pesquisa, apresenta-se inicialmente, contextos sobre a cerâmica de revestimento.

Segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), em sua Norma Brasileira NBR 13.816, ABNT (1997), placas cerâmicas para revestimento são definidas como uma composição de material inorgânico, incluindo argilas, e são utilizadas para revestimento de pisos e paredes, geralmente. Possuem classificação por seu processo de conformação, sendo estes identificados pelas letras "A" para processo de conformação por extrusão, "B" para processo de conformação por prensagem e "C" para outros processos de conformação, como o processo de colagem. As peças conformadas são secas e passam por um processo de queima em temperatura de sinterização resultando em um material não afetado pela luz e não combustível. Tais materiais podem possuir ou não aplicação de esmaltes em sua superfície, anterior ao processo de queima, classificando-se por GL (*Glazed*) para produtos com aplicação de esmaltes em sua superfície e UGL (*Unglazed*), para produtos fabricados sem a aplicação de esmaltes em sua superfície.

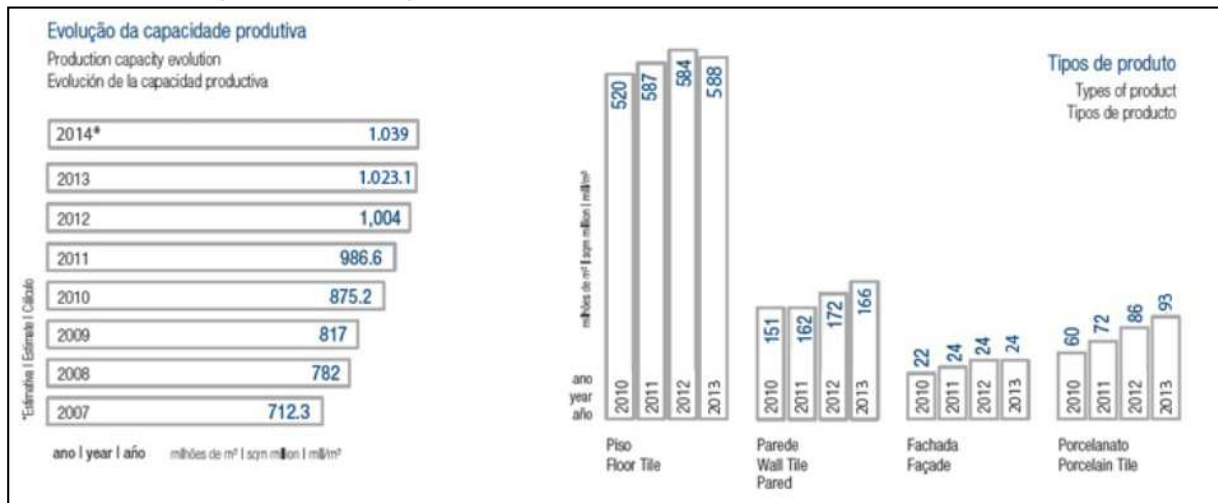
Na unidade fabril referente ao presente estudo, as placas cerâmicas para revestimento são conformadas pelo processo de prensagem, sendo representado pela letra B e possuem sua superfície esmaltada, tendo sua classificação de superfície como GL, de acordo com a Norma Brasileira NBR 13.816 (ABNT, 1997).

Apoiando-se nos dados da Associação Nacional de Fabricantes de Cerâmica para Revestimento (ANFACER), no Brasil, 93 empresas constituem o setor de cerâmica para revestimentos, setor este responsável, considerando toda a sua cadeia produtiva, por aproximadamente vinte e cinco mil empregos diretos e duzentos mil empregos indiretos. Considera-se, logo, um setor de grande impacto na economia brasileira. A unidade fabril a ser estudada está situada em Santa Catarina,

sendo que as duas regiões de maior concentração de produção de cerâmica para revestimentos as regiões sul e sudeste (ANFACER, 2015).

As empresas brasileiras buscam continuamente o avanço na tecnologia produtiva, gerando aumento na sua capacidade de produção mantendo a conformidade de seus produtos com as normas internacionais de qualidade. Na Figura 6 pode ser avaliada a evolução da capacidade produtiva da indústria cerâmica de revestimento brasileira ao longo dos últimos anos (ANFACER, 2015).

Figura9- Evolução da produção de cerâmica para revestimentos.



Fonte: Anfacer (2015).

Como pode ser observado na Figura 6, a produção de cerâmica para revestimento sofreu aumento positivo da sua capacidade produtiva ao longo dos anos, comprovando (ANFACER, 2015).

4.1.1 Processo Produtivo da Cerâmica de Revestimentos

Neste estudo serão avaliados os controles de processo do setor de modelagem da fabricação de cerâmica para revestimento. Observe o leitor que é importante situar este setor específico dentro da cadeia produtiva da placa cerâmica, facilitando a análise posterior dos dados a serem apresentados.

A unidade produtora a ser estudada fabrica seus produtos por meio do processo de via úmida, sendo rapidamente descritos abaixo, cada processo de sua cadeia produtiva, desde a preparação da massa até o processo de expedição dos produtos fabricados.

4.1.1.1 Preparação de massa

Após a definição, mineração, homogeneização e avaliação da qualidade de cada lote de matéria-prima da composição da base da placa cerâmica, esta é recebida e estocada em boxes identificados para uso contínuo. Estes materiais inorgânicos são misturados uns aos outros de acordo com uma formulação previamente determinada e homologada. Ao final, a composição é moída em moinho de bolas, em conjunto com água, objetivando o ajuste de granulometria e homogeneidade do material (SÁNCHEZ, 2003; MARTÍN, 2004; LUMERTZ, 2009).

4.1.1.2 Atomização e estocagem de pó atomizado

O material líquido resultante do processo de moagem, nomeado de barbotina, possui suas características ajustadas e passa por um equipamento chamado atomizador, ou *spraydryer*, a fim de eliminar-se a maior parte da água presente na composição. Ao final do processo de atomização é gerado o pó atomizado, subproduto para a etapa de conformação. Antes da etapa de prensagem, o pó-atomizado é armazenado em silos para fim de estabilização da temperatura e umidade (SÁNCHEZ, 2003; MARTÍN, 2004; LUMERTZ, 2009).

4.1.1.3 Conformação

Utilizando-se de uma prensa hidráulica industrial faz-se a prensagem do pó atomizado, originando logo, o subproduto biscoito, ou base crua, com dimensões determinadas pelo molde (estampo) utilizado (FREITAS et al; LUMERTZ, 2009).

A etapa de conformação por prensagem é o objeto avaliado neste estudo, sendo alguns conceitos importantes para maior facilidade na interpretação dos dados.

Alguns controles são executados na etapa de prensagem, tendo-se como objetos de estudo, o carregamento das peças, espessura das peças, umidade do pó atomizado, temperatura das peças e pressão de compactação. Em outro momento, serão apresentados com maior detalhe, os controles aqui descritos.

4.1.1.4 Esmaltação e decoração

A etapa de esmaltação consiste na aplicação de vidrado (engobe e esmalte) sobre o subproduto biscoito seco, a fim de garantir a característica superficial final do produto acabado. A aplicação do engobe visa reduzir drasticamente a permeabilidade existente entre base e esmalte, além de ocultar a cor da base da placa cerâmica, provendo maior beleza ao material (ALBARO, 2003; MARTÍN, 2004; LUMERTZ, 2009).

O subproduto biscoito esmaltado, biscoito após a etapa de aplicação do engobe e esmalte, pode ser ou não decorado. Para fins de decoração, diversas técnicas e equipamentos são utilizados, sendo o equipamento mais moderno nesse sentido a decoradora cerâmica digital *ink-jet*, que decora o biscoito esmaltado com tecnologia por jato de tinta, promovendo alta precisão de imagem, mesmo com superfícies de relevo agressivo (ALBARO; SÁNCHEZ, 2003; MARTÍN, 2004; LUMERTZ, 2009).

4.1.1.5 Queima

A queima do biscoito esmaltado ou biscoito decorado ocorre com fornos cerâmicos industriais à rolo, que elevam a temperatura do material até sua fase de sinterização. A queima deve ser realizada em etapas de aquecimento, queima e resfriamentos, com regulagens precisas de temperatura e da atmosfera interna do forno industrial ao longo de todo o equipamento. Após a queima do biscoito esmaltado obtêm-se a placa cerâmica em condições finais de uso, excluindo os casos de placas cerâmicas retificadas ou com aplicação de nova decoração para produtos especiais (SÁNCHEZ, 2003; MARTÍN, 2004; LUMERTZ, 2009).

4.1.1.6 Classificação

Na etapa de classificação a placa cerâmica, já em sua fase final de processo, passa por controles rígidos de qualidade, a fim de identificar produtos possivelmente defeituosos, evitando o seu destino para o cliente final. Nesta etapa, os produtos também são recolhidos para a execução de testes laboratoriais, conforme os requisitos estatutários, regulamentares e dos clientes. Após a etapa de

classificação, os produtos já embalados e paletizados são destinados ao setor de distribuição, onde serão embarcados para os clientes finais (SÁNCHEZ, 2003; MARTÍN, 2004; LUMERTZ, 2009).

4.2 OBJETOS DE ESTUDO

Como foco do estudo, serão avaliados os controles de executados na etapa de prensagem, tendo-se como objetos principais de análise, o carregamento das peças, espessura das peças, umidade do pó atomizado, temperatura das peças e pressão de compactação.

O carregamento refere-se ao peso do subproduto biscoito, sendo obtido por meio do processo de pesagem deste material em instrumentos de pesagem calibrados regularmente. Seu controle se faz importante para a garantia das características finais do produto acabado, citando-se algumas como a estabilidade do peso de caixa, estabilidade do tamanho do produto final, carga de ruptura e resistência mecânica (MARTÍN, 2004; LUMERTZ, 2009).

A espessura é referente ao subproduto biscoito, sendo medido em décimos de milímetros com o uso de paquímetros devidamente calibrados. Seu controle se faz importante para a garantia das características do produto final, citando-se algumas como carga de ruptura, resistência mecânica, garantia na qualidade de fechamento das embalagens (ALBARO, 2001; MARTÍN, 2004; LUMERTZ, 2009).

A umidade refere-se à quantidade de água relativa existente no pó atomizado, sendo obtida por meio de um ensaio padronizado, composto por etapas de pesagem da amostra inicial, secagem da amostra e pesagem da amostra seca. Para o ensaio utiliza-se de balança e forno micro-ondas ou estufa, ambos devidamente calibrados. Seu controle se faz importante para a garantia de não ocorrência de defeitos estruturais no subproduto biscoito e no produto acabado, evitar fragilidade do subproduto biscoito, bem como para a garantia de estabilidade dimensional do produto acabado (ALBARO, 2000; PAULA; QUINTEIRO; BOSHI, 2003; MARTÍN, 2004; LUMERTZ, 2009).

A temperatura da peça refere-se à temperatura do subproduto biscoito seco, isto é, o biscoito após a etapa de secagem do material, que procede a prensagem. Esta característica é medida por meio de termômetros infravermelhos

fixos ou portáteis, devidamente calibrados, após a etapa de secagem. Seu controle se faz importante para a garantia de não ocorrência de defeitos físicos superficiais durante a etapa de esmaltação e para a manutenção da característica de resistência mecânica dos subprodutos biscoito seco e biscoito esmaltado (MARTÍN, 2004; LUMERTZ, 2009).

A pressão de compactação é referente à pressão manométrica (pressão do óleo presente no circuito hidráulico do cilindro principal da prensa industrial) obtida pelas medições do equipamento transdutor de pressão, devidamente calibrado e/ ou pressão específica, obtida por meio de cálculos matemáticos, com base na pressão manométrica, objetivando na pressão aplicada diretamente no subproduto biscoito. Seu controle se faz importante para garantir a estabilidade da densidade aparente do biscoito e por consequência, das características de resistência mecânica da placa cerâmica, desde a etapa de conformação até o produto acabado, estabilidade das características dimensionais e carga de ruptura do produto acabado (ALBARO, 2000; PAULA; QUINTEIRO; BOSHI, 2003; MARTÍN, 2004; LUMERTZ, 2009).

4.2.1 Avaliação dos Dados

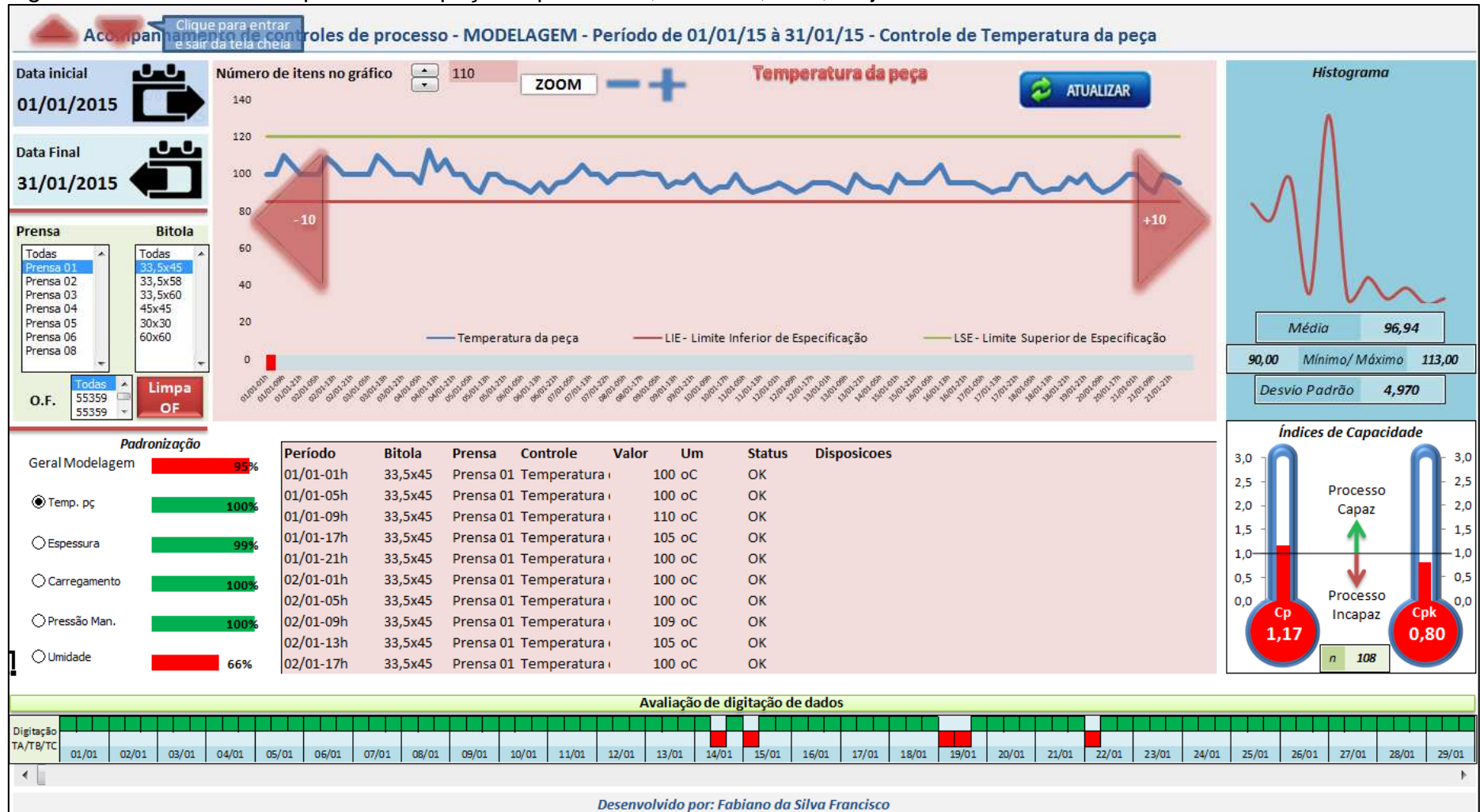
A seguir serão apresentadas análises períodos e equipamentos específicos, agrupadas a comentários pertinentes a possibilidade de melhoria do processo, quando aplicável.

4.2.1.1 Avaliação dos dados de temperatura da peça

Nesta parte do estudo, será avaliado o comportamento da característica de temperatura das peças com base nos dados do *dashboard*. Para a análise, será utilizada a produção do mês de janeiro de 2015, no equipamento prensa 01 e bitola 33,5x45.

Conforme a Figura 10, contendo 108 dados relacionados, a capacidade do processo referente ao alinhamento dos dados durante o período analisado (C_p) resultou em 1,17, ou seja, foi considerado como capaz para atender a necessidade de alta concentração dos dados.

Figura 10 - Análise de temperatura da peça da prensa 01, bitola 33,5x45, de janeiro de 2015.



Fonte: Baseado nos dados do SGI (2015).

Continuando a análise da Figura 10, a capacidade do processo relacionada à capacidade de atendimento aos limites de especificação (C_{pk}) resultou em 0,80, o que Jesus; Becker e Sebben (2010) sugerem como um processo incapaz para o atendimento da especificação pré-estabelecida para a temperatura das peças, necessitando, logo, de intervenção humana no sistema, seja esta relacionada a alteração da especificação, seja esta relacionada ao maior controle do ensaio.

O gráfico de controle, junto ao polígono de frequências permite avaliar que os resultados estão concentrados próximos ao limite inferior de especificação, confirmando os resultados do C_p e C_{pk} . Como o valor relativo de ensaios dentro dos limites de especificação se manteve como 100% (cem por cento), não há disposições registradas para os desvios.

A avaliação também foi realizada em um período mais longo, calculando-se o índice de capacidade para cada equipamento e bitolas produzidas no primeiro quadrimestre de 2014.

A Tabela 2 demonstra uma avaliação mais ampla desta variável, sendo avaliado apenas os índices de capacidade para cada equipamento em uso. Percebe-se que em relação ao C_p , todos os equipamentos apresentaram índices acima de 1,00, considerando-se capazes de se manter em uma limitação de valores controlada, porém para os equipamentos 2, 3, 4 e 6, o índice C_{pk} apresentou-se como incapaz, gerando necessidade de atuação nestes processos.

Tabela 2–Avaliação da capacidade do controle de temperatura das peças no primeiro quadrimestre de 2015.

Equipamento	Bitola	n		C_p		C_{pk}
1	a	308	✓	1,45	✓	1,07
1	b	252	✓	1,41	✓	1,07
2	a	691	✓	1,42	✗	0,42
3	a	697	✓	1,40	✗	0,30
4	a	683	✓	2,64	✗	0,37
5	a	377	✓	2,83	✓	1,25
5	b	286	✓	4,54	✓	1,85
6	a	227	✓	2,65	✗	0,13
6	b	313	✓	2,45	✗	0,19

Fonte: Baseado nos dados do SGI (2015).

O controle de temperatura apresenta em alguns casos, o C_p maior que o C_{pk} , que de acordo com Montgomery (2014), representa um processo descentrado,

ou seja, os valores de controles estão concentrados em uma área mais distante em relação ao valor central dos limites de especificação.

4.2.1.2 Avaliação dos dados de espessura das peças

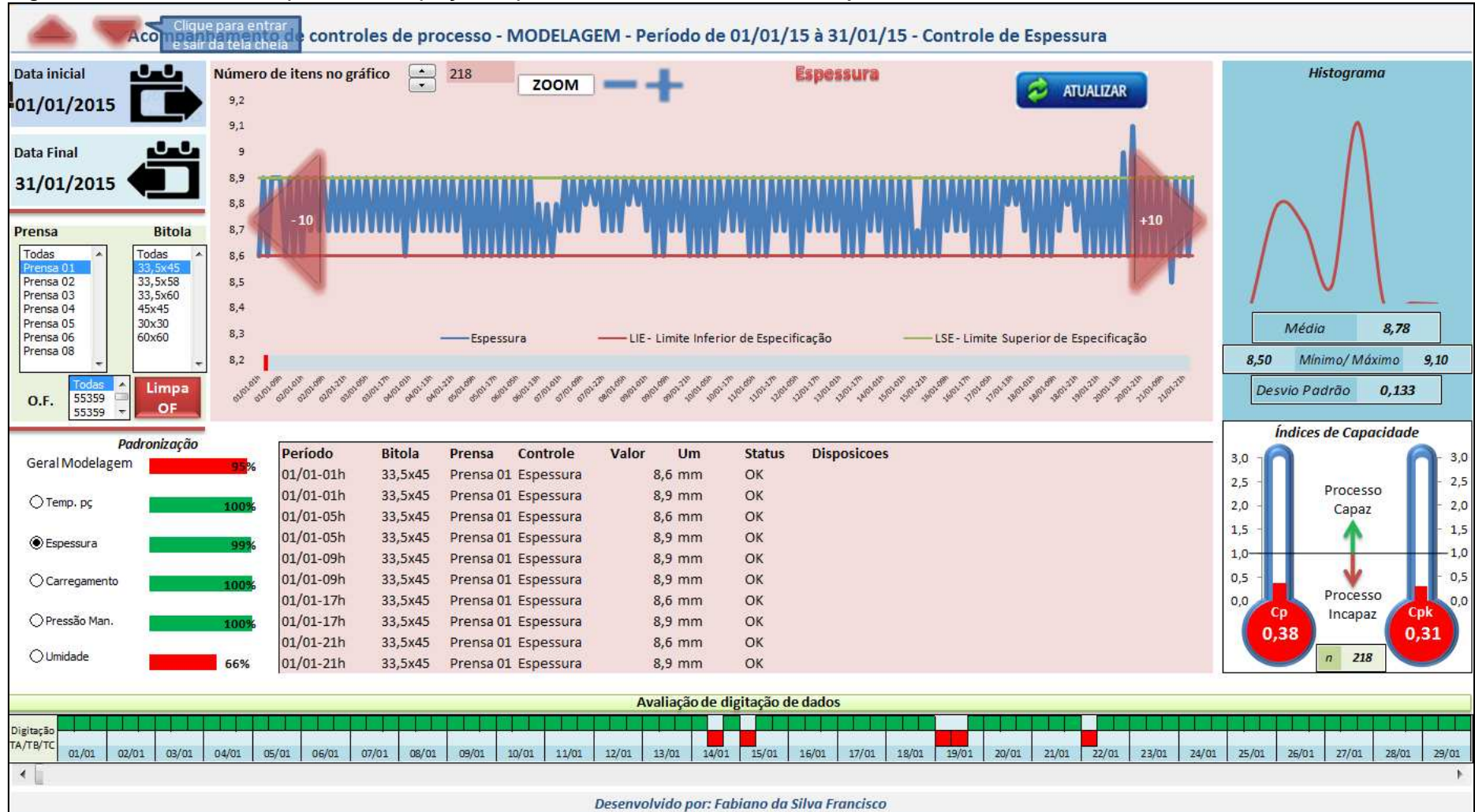
Nesta parte do estudo, será avaliado o comportamento da característica de espessura das peças com base nos dados do *dashboard*. Para a análise, será utilizada a produção do mês de janeiro de 2015, no equipamento prensa 01 e bitola 33,5x45.

Conforme a Figura 11, contendo 218 dados disponíveis, a capacidade do processo referente ao alinhamento dos dados durante o período analisado (C_p) resultou em 0,38, ou seja, foi considerado, como sugerem Jesus; Becker e Sebben (2010), como incapaz para atender a necessidade de alta concentração dos dados. Relacionado à capacidade de atendimento aos limites de especificação (C_{pk}), a capacidade calculada foi de 0,31, indicando, também de acordo com Jesus; Becker e Sebben (2010), um processo incapaz para o atendimento da especificação pré-estabelecida para a espessura das peças. Os dois índices de capacidade confirmam a necessidade de intervenção no sistema no que se refere ao maior controle sobre a característica.

O gráfico de controle, junto ao polígono de frequências permite avaliar que os resultados estão bem dispersos e alternados entre os limites inferior e superior de especificação, indicando alta amplitude dos dados. Apesar do valor relativo de ensaios se manter em 99%, é visível, por meio das ferramentas estatísticas histograma, gráfico de controle e índices de capacidade, que o ensaio de espessura das peças não está controlado e necessita de atenção, reforçando a imprecisão da avaliação tida anteriormente, focada apenas no valor apresentado de 99% de padronização, como era comumente praticado no setor.

A avaliação também foi realizada em um período mais longo, calculando-se o índice de capacidade para cada equipamento e bitolas produzidas no primeiro quadrimestre de 2014.

Figura 11 - Análise de espessura da peça da prensa 01, bitola 33,5x45, de janeiro de 2015.



Fonte: Baseado nos dados do SGI (2015).

A Tabela 3 demonstra a avaliação da variável de espessura das peças de forma mais ampla, sendo avaliado apenas os índices de capacidade para cada equipamento em uso. Percebe-se que os índices de capacidade se apresentam abaixo do limite para que sejam considerados capazes. Isso se deve a alta amplitude dos valores de medição, que possuíram comportamento parecido aos dados apresentados no gráfico de controle da Figura 11.

Tabela 3—Avaliação da capacidade do controle de espessura das peças no primeiro quadrimestre de 2015.

Equipamento	Bitola	n		Cp		Cpk
1	a	620	×	0,32	×	0,26
1	b	504	×	0,35	×	0,28
2	a	1384	×	0,34	×	0,31
3	a	1394	×	0,33	×	0,32
4	a	1365	×	0,20	×	0,15
5	a	591	×	0,17	×	0,14
5	b	574	×	0,34	×	0,34
6	a	228	×	0,83	×	0,78
6	b	312	×	0,69	×	0,24

Fonte: Baseado nos dados do SGI (2015).

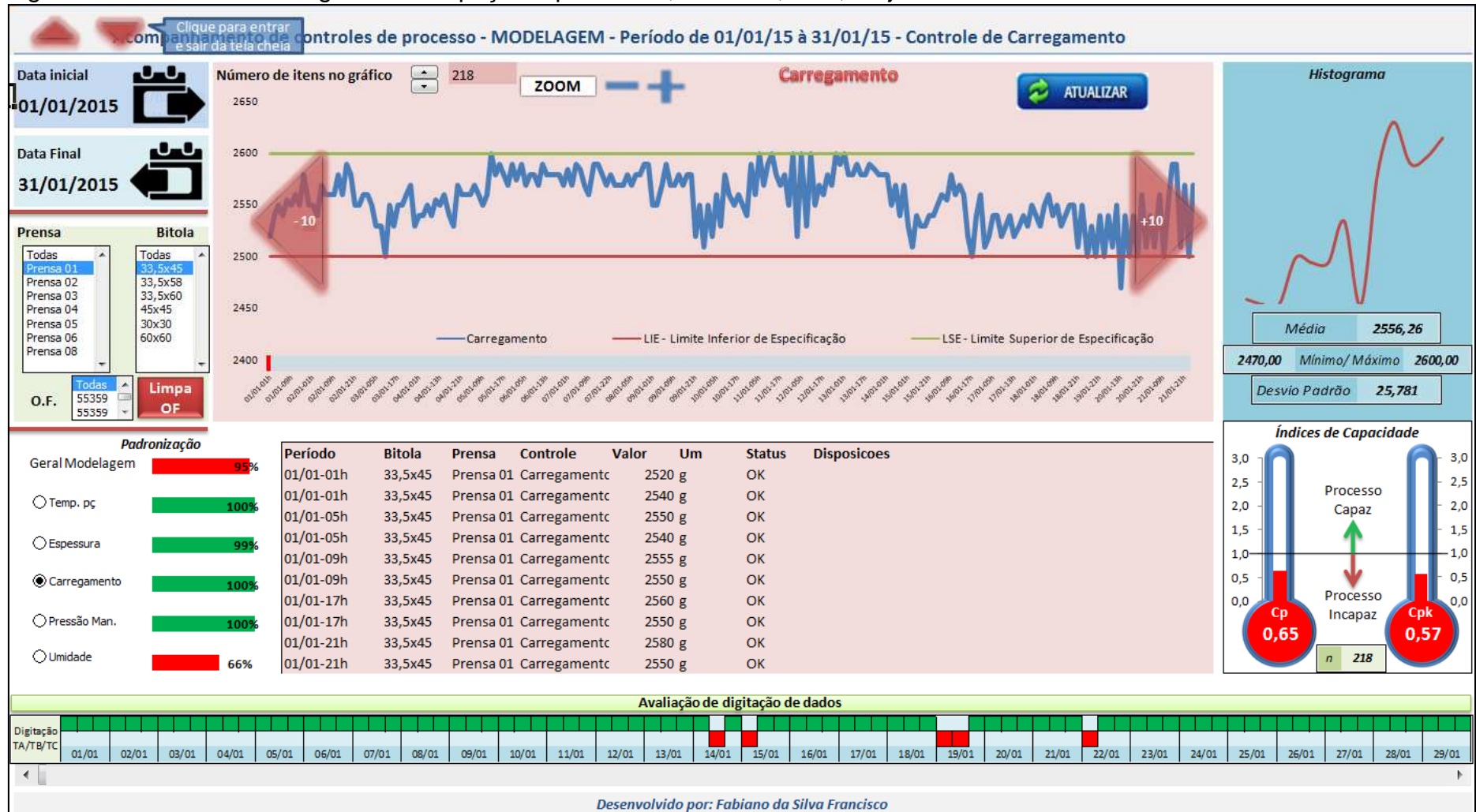
Evidencia-se necessidade de atuação no controle de espessura como um todo, visto que para todos os equipamentos, os índices de capacidade apresentam-se abaixo de 1,00.

4.2.1.3 Avaliação dos dados de carregamento da peça

Aqui, será avaliado o comportamento da característica de carregamento das peças com base nos dados do *dashboard*. Para a análise, será utilizada a produção do mês de janeiro de 2015, no equipamento prensa 01 e bitola 33,5x45.

Conforme a Figura 12, contendo 218 dados disponíveis, a capacidade do processo referente ao alinhamento dos dados durante o período analisado (C_p) resultou em 0,65, ou seja, foi considerado, de acordo com Jesus; Becker e Sebben (2010), como incapaz para atender a necessidade de alta concentração dos dados. Relacionado à capacidade de atendimento aos limites de especificação (C_{pk}), a capacidade calculada foi de 0,57, indicando um processo também incapaz para o atendimento da especificação pré-estabelecida para o controle de carregamento da peça.

Figura 12 - Análise de carregamento da peça da prensa 01, bitola 33,5x45, de janeiro de 2015.



Fonte: Baseado nos dados do SGI (2015).

Os dois índices de capacidade confirmam a necessidade de intervenção no sistema no que se refere ao maior controle sobre a característica carregamento.

O gráfico de controle permite a avaliação de alta variabilidade dos dados entre os limites de especificação e o polígono de frequências permite avaliar que estes dados, a pesar de dispersos, encontram-se mais próximos ao LSE - limite superior de especificação do que ao LIE - limite inferior de especificação.

Apesar do valor relativo de ensaios dentro dos limites de especificação, entendido como padronização pela unidade fabril, se manter em 100%, é visível, por meio das ferramentas estatísticas histograma, gráfico de controle e índices de capacidade, que o ensaio de carregamento das peças não está controlado e necessita de intervenção para buscar menor variabilidade e maior capacidade do processo em manter o controle dentro dos limites estipulados.

Uma análise estratificada por OF - Ordem de Fabricação também se faz possível a fim de focar os esforços na OF com maior desvio.

Na Tabela 4 apresenta-se a avaliação dos índices C_p e C_{pk} por OF, referente as produções compreendidas no mesmo período da avaliação anterior, ou seja, período de 01 a 31 de janeiro, equipamento prensa 01 e bitola 33,5x45.

Por meio dos dados da Tabela 4, visualiza-se apesar de todas as OFs apresentarem-se com índice C_{pk} abaixo de 1,00, os menores índices de capacidade do processo são resultantes das produções das OFs 57549 e 57139, e observa-se também que as OFs 55359 e 55896 apresentaram índice C_p acima de 1,00, o que demonstra que é possível manter o controle em uma variação aceitável. Este tipo de análise permite a avaliação possibilidade de uso de regulagens que mais proveram resultados positivos, buscando redução da variabilidade nas futuras produções.

Tabela 4- Análise de carregamento da peça da prensa 01, bitola 33,5x45, de janeiro de 2015, por ordem de fabricação.

OF	n	Média (g)	C_p		C_{pk}	
			Valor	Análise	Valor	Análise
55359	52	2552,12	1,04	Capaz	0,99	Incapaz
55896	12	2581,25	1,74	Capaz	0,65	Incapaz
57549	46	2543,59	0,51	Incapaz	0,45	Incapaz
57319	44	2567,73	0,67	Incapaz	0,43	Incapaz
57840	36	2540,14	0,99	Incapaz	0,79	Incapaz

Fonte: Baseado nos dados do SGI (2015).

Através da análise estratificada demonstrada, permite-se também ao responsável pelo processo focar ações e necessidades de investimento nas causas mais críticas e que lhe trarão maior resultado na manutenção da estabilidade da qualidade do produto fabricado.

Como nos demais controles, a avaliação também foi realizada em um período mais longo, calculando-se o índice de capacidade para cada equipamento e bitolas produzidas no primeiro quadrimestre de 2014.

A Tabela 5 demonstra a avaliação da variável de carregamento das peças de forma mais ampla, sendo avaliado apenas os índices de capacidade para cada equipamento em uso. Percebe-se que os índices de capacidade se apresentam abaixo do limite para que sejam considerados capazes.

Tabela 5–Avaliação da capacidade do controle de carregamento das peças no primeiro quadrimestre de 2015.

Equipamento	Bitola	n		Cp		Cpk
1	a	620	×	0,61	×	0,55
1	b	498	×	0,46	×	0,46
2	a	1384	×	0,69	×	0,59
3	a	697	×	0,74	×	0,46
4	a	683	×	0,51	×	0,50
5	a	379	×	0,35	×	0,21
5	b	573	×	0,75	×	0,72
6	a	228	×	0,71	×	0,53
6	b	313	×	0,78	×	0,73

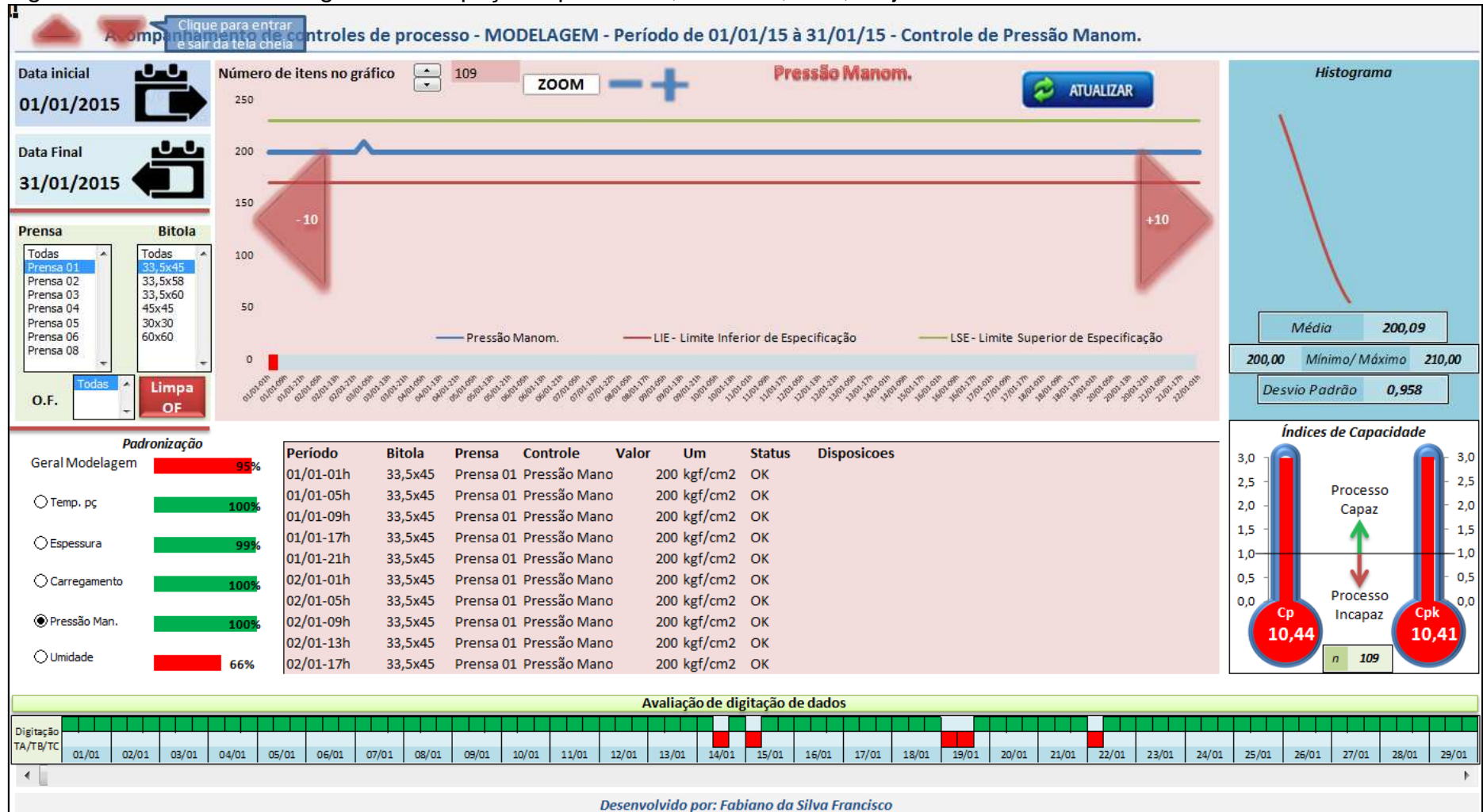
Fonte: Baseado nos dados do SGI (2015).

Também é possível evidenciar a necessidade de atenção em relação com controle de carregamento das peças, visto que os índices de capacidade se apresentam abaixo de 1,00 para todos os equipamentos avaliados.

4.2.1.4 Avaliação dos dados de pressão manométrica da prensa

Aqui, será avaliado o comportamento da característica de pressão manométrica da prensa com base nos dados do *dashboard*. Para a análise, será utilizada a produção do mês de janeiro de 2015, no equipamento prensa 01 e bitola 33,5x45.

Figura 13 - Análise de carregamento da peça da prensa 01, bitola 33,5x45, de janeiro de 2015.



Fonte: Baseado nos dados do SGI (2015).

Conforme a Figura 13, contendo 109 dados disponíveis, a capacidade do processo referente ao alinhamento dos dados durante o período analisado (C_p) resultou em 10,44, ou seja, foi considerado, de acordo com Jesus; Becker e Sebben (2010), como capaz para atender a necessidade de alta concentração dos dados. Relacionado à capacidade de atendimento aos limites de especificação (C_{pk}), a capacidade calculada foi de 10,41, indicando um processo igualmente capaz para o atendimento da especificação pré-estabelecida para o controle de pressão de compactação da prensa. Os dois índices de capacidade confirmam a alta estabilidade existente no controle de pressão manométrica, não sendo necessária nenhuma intervenção no sistema.

O gráfico de controle confirma a baixa variabilidade no controle, sendo que os resultados apresentados se mantêm na linha central dos limites de especificação LSE e LIE. Com relação a avaliação em um período mais longo, foi calculado o índice de capacidade para cada equipamento e bitolas produzidas no primeiro quadrimestre de 2014.

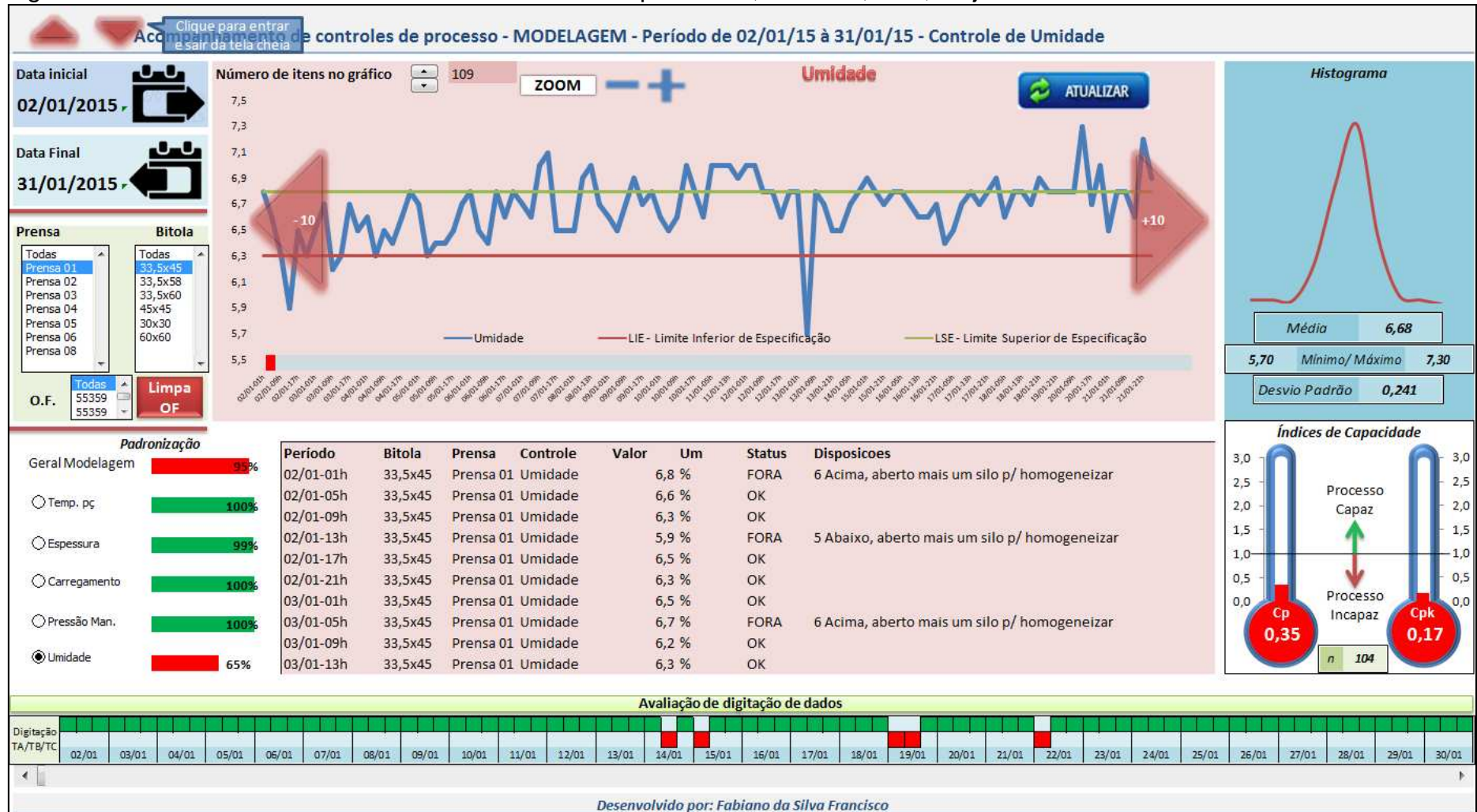
Tabela 6–Avaliação da capacidade do controle de pressão manométrica no primeiro quadrimestre de 2015.

Equipamento	Bitola	n		C_p		C_{pk}
1	a	310	✓	4,09	✓	3,66
1	b	252	✓	1,99	✗	0,56
2	a	692	✓	1,67	✓	1,34
3	a	696	✓	1,90	✗	0,73
4	a	681	✓	2,14	✓	1,04
5	a	379	✓	1,11	✗	0,84
5	b	287	✓	1,83	✗	0,14
6	a	227	✓	1,28	✗	0,24
6	b	313	✓	1,71	✓	1,31

Fonte: Baseado nos dados do SGI (2015).

A Tabela 6 demonstra a avaliação da variável de pressão manométrica de forma mais ampla, sendo avaliado apenas os índices de capacidade para cada equipamento em uso. Aqui é possível perceber um comportamento similar ao encontrado na avaliação do controle de temperatura das peças, onde o C_p , para alguns casos, está maior que o C_{pk} , que de acordo com Montgomery (2014), representa um processo descentrado, ou seja, os valores de controles estão concentrados em uma área mais distante em relação ao valor central dos limites de especificação.

Figura 14 - Análise de umidade da massa atomizada da prensa 01, bitola 33,5x45, de janeiro de 2015.



Fonte: Baseado nos dados do SGI (2015).

4.2.1.5 Avaliação dos dados de umidade da massa atomizada

Aqui, será avaliado o comportamento da característica de umidade da massa atomizada com base nos dados do *dashboard*. Para a análise, será utilizada a produção do mês de janeiro de 2015, considerando o período entre os dias 02 de janeiro a 31 de janeiro de 2015, devido a alteração nos limites de especificação da umidade no dia 01 de janeiro de 2015. Serão utilizados o equipamento prensa 01 e a bitola 33,5x45.

Conforme a Figura 14, contendo 104 dados disponíveis, a capacidade do processo conforme sugerida por Jesus; Becker e Sebben (2010), referente ao alinhamento dos dados durante o período analisado (C_p) resultou em 0,35, ou seja, foi considerado como incapaz para atender a necessidade de alta concentração dos dados, em relação a sua média. Relacionado à capacidade de atendimento aos limites de especificação (C_{pk}), a capacidade calculada foi de 0,17, indicando um processo também incapaz em atender a especificação pré-estabelecida para o controle de umidade da massa atomizada. Os dois índices de capacidade evidenciam a necessidade de intervenção no sistema, a fim de se obter um processo com maior capacidade para a manutenção do controle de umidade dentro dos limites, evitando ocorrências de defeitos no produto em processo.

O gráfico de controle auxilia na visualização da alta instabilidade dos resultados dos controles de umidade da massa atomizada, com vários casos onde o resultado do ensaio ultrapassou os limites de especificação.

Tabela 7–Avaliação da capacidade do controle de umidade da massa atomizada no primeiro quadrimestre de 2015.

Equipamento	Bitola	n		C_p		C_{pk}
1	a	310	✘	0,34	✘	0,23
1	b	250	✘	0,32	✘	0,30
2	a	692	✘	0,50	✘	0,39
3	a	697	✘	0,51	✘	0,38
4	a	682	✘	0,50	✘	0,38
5	a	379	✘	0,31	✘	0,29
5	b	287	✘	0,36	✘	0,29
6	a	228	✘	0,42	✘	0,17
6	b	313	✘	0,55	✘	0,29

Fonte: Baseado nos dados do SGI (2015).

Com relação a avaliação em um período mais longo, foi calculado o índice de capacidade para cada equipamento e bitolas produzidas no primeiro quadrimestre de 2014.

A Tabela 7 demonstra a avaliação da variável de umidade da massa atomizada de forma mais ampla, sendo avaliado apenas os índices de capacidade para cada equipamento em uso. Visualiza-se por meio da Tabela 7 a baixa capacidade em se atender aos limites de especificação, o que reflete na realidade do setor de trabalho, com dificuldades em relação a este controle específico.

De acordo com as análises, verifica-se que no período e equipamento avaliado, os controles de umidade da massa atomizada, carregamento da peça e espessura da peça apresentaram índices baixos de capacidade de processo, o controle de temperatura da peça apresentou-se incapaz também, se avaliado o C_{pk} , porém com um valor maior que nos controles anteriores. O controle de pressão manométrica apresentou variação quase nula, gerando um processo capaz.

Avaliou-se também que, apesar dos controles de carregamento da peça e espessura da peça possuírem índices baixos de capacidade, o valor até então acompanhado no setor, chamado de padronização apresentou-se entre 99% e 100%.

5 CONCLUSÃO

A busca diária por produtos de qualidade, que satisfaçam a um mercado cada vez mais exigente, leva as empresas a utilizarem-se de novas tecnologias que lhe permitam melhor controlar o seu processo produtivo. Normas como a NBR ISO 9001:2008 também auxiliam no alcance deste objetivo.

É notória a evolução na dimensão e na caracterização de cerâmicas de revestimentos, que por muito já deixou de ser objeto de uso apenas por ser um produto de alta durabilidade, sendo que, atualmente, produtos com *design* enriquecido e específicos para a venda em *boutiques* já possuem uma considerável na carteira de fabricação.

O CEP vem como uma ferramenta para auxiliar na estabilidade dos controles de processo, possibilitando a manutenção da qualidade dos produtos fabricados, com eficácia, em todas as fases do processo de fabricação. O objetivo geral deste trabalho buscou estudar a utilização do controle estatístico de processo - CEP na análise e acompanhamento dos controles do processo produtivo do setor de modelagem de uma empresa produtora de revestimentos cerâmicos.

O primeiro objetivo específico deste estudo que era apresentar a metodologia de utilização do controle estatístico de processo foi concluído por meio da avaliação da pesquisa, aliada à toda fundamentação teórica pesquisada e disponível para futura consultas.

O segundo objetivo específico, definido como o desenvolvimento de uma ferramenta para permitir a análise dos dados de controles de processo do setor de modelagem de uma empresa produtora de revestimentos cerâmicos, utilizando-se das premissas do CEP, também foi realizado, visto o uso do *dashboard* em *Microsoft Excel* que permitiu a realização das análises e que permitirá a continuidade de uso por parte da empresa.

Ao terceiro objetivo específico, que tinha como definição analisar os dados de controles de processo do setor de modelagem de uma empresa produtora de revestimentos cerâmicos, utilizando-se das premissas do CEP, pode-se avaliar a sistemática de análise a partir do capítulo 3 deste trabalho e sua análise em si, no capítulo 4, evidenciando-se o seu atendimento.

Com relação ao último objetivo específico, tido como destacar as melhorias possíveis no gerenciamento dos controles analisados, segundo as

premissas do CEP, algumas melhorias no processo de acompanhamento das características apresentadas podem ser apontadas, como: 1- para o controle de espessura, já está em andamento ajustes em relação ao processo de execução dos ensaios, por conta da alta amplitude dos controles, por meio de treinamentos operacionais focados em padronizar o processo de medição. 2- É sugerida a avaliação de necessidade de ajuste nas especificações dos controles onde o C_p se apresentou com valores muito altos e o C_{pk} se apresentou abaixo de 1,00. 3- É sugerido que a análise apresentada seja adotada de forma sistemática e contínua, possibilitando maior domínio sobre o processo produtivo.

Para este estudo, limitou-se à análise dos controles operacionais do processo de modelagem, por questões de limitação de não existência de um *software* para tratativa dos dados. Houve a necessidade de busca de cursos em *Microsoft Excel* avançado, *Dashboard* e *Microsoft Visual Basic*, para garantir o conhecimento complementar necessário para a criação de uma ferramenta de análise como a demonstrada. Sugere-se à empresa que aprimore a ferramenta e a expanda para os demais setores.

Por meio deste estudo, avaliou-se que existe uma possibilidade grande de melhoria no controle de processo existente no setor de modelagem, que permitirão ganhos na qualidade dos produtos e reduções e paradas no equipamento para o ajuste de defeitos. Conclui-se que o uso da metodologia de análise baseada nas ferramentas do CEP permite maior gerenciamento e domínio sobre os processos produtivos e que uma ferramenta de análise é de suma importância para extrair melhores resultados da avaliação realizada.

REFERÊNCIAS

- ABCERAM. Associação Brasileira de Cerâmica. **Informações técnicas**. São Paulo, ABCERAM: 2015. Disponível em:
<http://www.abceram.org.br/site/?area=4&submenu=50>.
- ABNT- Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 13.816/ 1997** - Placas cerâmicas para revestimento -terminologia. Rio de Janeiro, ABNT, 1997.
- ALBARO, J. L. Amorós. A operação de prensagem: considerações técnicas e sua aplicação industrial parte II: o preenchimento das cavidades do molde. **Cerâmica Industrial**, São Paulo, v. 5, n. 5, set/out, 2000.
- _____. A operação de prensagem: considerações técnicas e sua aplicação industrial parte II: a compactação. **Cerâmica Industrial**, São Paulo, v. 5, n. 2, nov/dez, 2000.
- _____. A operação de prensagem: considerações técnicas e sua aplicação industrial. parte IV: extração da peça e resistência mecânica a verde. **Cerâmica Industrial**, São Paulo, v. 6, n. 2, mar/abr, 2001.
- _____. Considerações técnicas sobre produtos de revestimento porcelânico e seus processos de manufatura. parte II. **Cerâmica Industrial**, São Paulo, v. 8, n. 3, maio/jun, 2003.
- ANDRADE, Maria Margarida de. **Introdução à metodologia do trabalho científico**. 8. ed. São Paulo: atlas, 2007. 160 p.
- ANFACER. Associação Nacional dos Fabricantes de Cerâmica para Revestimentos, Louças Sanitárias e Congêneres. **História da cerâmica**. São Paulo, ANFACER: 2015. Disponível em:
<http://www.anfacer.org.br/site/default.aspx?idConteudo=157&n=Hist%C3%B3ria-da-Cer%C3%A2mica>
- _____. **Perfil da produção**. São Paulo, ANFACER: 2015. Disponível em:
<http://www.anfacer.org.br/site/default.aspx?idConteudo=162&n=Produ%C3%A7%C3%A3o>.
- BENEDET, Márcio. **Excel avançado II: elaborando dashboard**. Criciúma: pro job treinamentos, 2014.
- BUSSAB, Wilton O.; MORETTIN, Pedro A. **Estatística básica: métodos quantitativos**. 4. ed. São Paulo: atual, 1987.
- CAMPOS, Vicente Falconi. **Qualidade total: Padronização de Empresas**. Belo Horizonte: fundação Christiano Ottoni, 1992. 124p.
- _____. **TQC: Controle da qualidade total (no estilo japonês)**. Belo Horizonte: instituto de filosofia e teologia de Goiás, 2004. 256p.

CERVO, Amado L.; BERVIAN, Pedro A. **metodologia científica**. 5. ed. São Paulo: Pearson prentice hall, 2002. 227 p.

CHASE, Richard B.; JACOBS, F. Roberto; AQUILANO, Nicholas J. **Administração da produção para a vantagem competitiva**. 10. ed. São Paulo: Bookman, 2006, 724 p.

CORRÊA, Henrique L.; CORRÊA, Carlos A. **Administração de produção e operações: Manufatura e serviços: uma abordagem estratégica**. 2. ed. São Paulo: atlas, 2007.

_____; _____. **Administração de produção e operações: Manufatura e serviços: uma abordagem estratégica**. 3. ed. São Paulo: atlas, 2012. 680 p.

COSTA, Antônio Fernando Branco; EPPRECHT, Eugênio Kahn; CARPINETTI, Luiz Cesar Ribeiro. **Controle estatístico de qualidade**. 2. ed. São Paulo: atlas, 2005, 334 p.

CROSBY, Philip B. **Qualidade é investimento: a arte de garantir a qualidade**. 3 ed. Rio de Janeiro: j. olympio, 1988. 327 p.

DELLARETTI FILHO, Osmário; DRUMOND, Fátima Brant. **Itens de controle e avaliação de processos**. Belo Horizonte: fundação Christiano Ottoni, 1994. 151p.

EDGEELL, Roger. Statistical process control explained. Michigan, **Datanet Quality Systems**: 2015. Disponível em: <http://www.winspc.com/what-is-spc/statistical-process-control-explained>.

EKAMBARAM, Sarhya Kuppuswami. **A Base estatística dos gráficos de controle de qualidade: Um manual para dirigentes industriais e comerciais**. São Paulo: polígono, 1982. 690 p.

FERNANDES, Marcelo Rivas. A importância do controle estatístico do processo (CEP). **Bannas qualidade**, São Paulo, 2012. Disponível em: <<http://www.banasqualidade.com.br/2012/sixsigma/index.asp>>.

_____, Jesus Fernandes; FERREIRA, Eric Batista. **Encontrando o número de classes de um histograma**, ?, 2008?. Disponível em: <<http://www.dex.ufla.br/53rbras/trabalhos/22.pdf>>.

FREITAS, Cesarina S. R. *et al.* Influência de diferentes processos de conformação nas características finais de produtos cerâmicos. **Cerâmica Industrial**, São Paulo, v.2, p. 15-18, maio/jun. 2009.

GAITHER, Norman; FRAZIER, Greg. **Administração da produção e operações**. 8. ed. São Paulo: Pioneira, 2002, 598 p.

GARVIN, David A. **Gerenciando a qualidade: a visão estratégica e competitiva**. Rio de Janeiro: qualitymark, 1992. 357 p.

JESUS, Bárbara S. de; BECKER, Alexandre A.; SEBEN, Viviane C. Aplicando os índices de capacidade de processo C_p e C_{pk} em análises toxicológicas. **Bannas Metrologia**, São Paulo, p. 64-75, jul. 2010.

LEME, Rui Aguiar da Silva. **Controles na produção**. 2. ed. São Paulo: pioneira, 1973, 280 p.

LIMA, A. A. N. *et al.* Aplicação do controle estatístico de processo na indústria farmacêutica. **Revista de Ciências Farmacêuticas Básica e Aplicada**, São Paulo, v. 27, n. 3, p. 177-187, 2006.

LUMMERTZ, Cícero Augusto Da Silva. **Estudo da redução de espessura de porcelanato esmaltado mantendo a resistência mecânica com base nas características das matérias primas**. Criciúma: UNESC, 2009.

MAC NIECE, E.H. **Industrial Specifications**. New York: John Wiley & Sons, 1953, 158 p.

MACHLINE, Claude *et al.* **Manual de administração da produção**. 5. ed. Rio de Janeiro: editora da fundação Getúlio Vargas, 1982, 537 p.

MAGALHÃES, Gildo. **Introdução à metodologia científica: Caminhos da ciência e tecnologia**. São Paulo: ática, 2005. 263 p.

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Técnicas de pesquisa: planejamento e execução de pesquisas, amostragens e técnicas de pesquisa, elaboração, análise e interpretação de dados**. 7. ed. São Paulo: atlas. 2013. 277 p.

MARTÍN, Fernando Lucas. Processos produtivos em revestimentos cerâmicos: variáveis de processo e possíveis causas de defeitos. **Cerâmica Industrial**, São Paulo, v. 9, n. 5, set/dez, 2004.

MARTINS, Petrônio G; LAUGENI, Fernando P. **Administração da produção**. São Paulo: Saraiva, 2003, 445 p.

MAYER, Raymond Richard. **Administração da produção**. 4. ed. São Paulo: atlas, 1977, 719 p.

MONTGOMERY, Douglas C. **Introdução ao controle estatístico da qualidade**. 4. ed. Rio de Janeiro: Itc, 2014, 513 p.

MOREIRA, Daniel Augusto. **Administração da produção e operações**. 4. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2008. 624 p.

OLIVEIRA, Silvio Luiz de. **Tratado de metodologia científica: projetos de pesquisas, TGI, TCC, monografias, dissertações e teses**. São Paulo: pioneira, 1999. 320 p.

PALADINI, Edson Pacheco. **Gestão da qualidade: Teoria e prática**. São Paulo: atlas, 2000. 330 p.

PAULA, Gustavo R. de; QUINTEIRO, Eduardo; BOSHI, Anselmo O. Efeito do teor de umidade e da pressão de prensagem sobre as características de revestimentos cerâmicos. **Cerâmica Industrial**, São Paulo, v. 2, n. 3, maio/ago, 1997.

PEINADO, J.; GRAEML, A. R. **Administração da produção**: operações industriais e de serviços. Curitiba: unicemp, 2007.

RAMOS, Alberto Wunderler *et al.* **Seis sigma**: Estratégia gerencial para a melhoria de processos, produtos e serviços. São Paulo: atlas, 2006, 375 p.

RITZMAN, Larry P.; Krajewski, Lee J. **Administração da produção e operações**. São Paulo: pearson prentice hall, 2004, 431 p.

ROBLES Jr, Antônio. **Custos da qualidade**: Aspectos econômicos da gestão da qualidade e da gestão ambiental. 2. ed. São Paulo: atlas, 2003. 152 p.

ROESCH, Sylvia Maria Azevedo. **Projeto de estágio e de pesquisa em administração**: guia para estágios, trabalhos de conclusão, dissertações e estudos de caso. 2. Ed. São Paulo: atlas, 1999. 301 p.

RUDIO, Franz Victor. **Introdução ao projeto de pesquisa**. 28. ed. Petrópolis: vozes, 1978. 144 p.

RUSSOMANO, Vítor Henrique. **Planejamento e acompanhamento da produção**. 2. ed. São Paulo: pioneira, 1979, 216 p.

SÁNCHEZ, Enrique. Considerações técnicas sobre produtos de revestimento porcelânico e seus processos de manufatura. parte I. **Cerâmica Industrial**, São Paulo, v. 8, n. 2, mar/abr, 2003.

SLACK, Nigel; CHAMBERS, Stuart; JOHNSTON, Robert. **Administração da produção**. 2. ed. São Paulo: atlas, 2002, 747 p.

_____ *et al.* **Gerenciamento de operações e de processos**: Princípios e prática de impacto estratégico. Porto Alegre: bookman, 2008, 552 p.

SHINGO, Shingeo. **O sistema Toyota de produção**: Do ponto de vista da engenharia de produção. Porto Alegre: bookman, 1996, 291 p.

STATIT SOFTWARE, Inc. Introduction to Statistical process control techniques. Oregon, **Midas+Statit Solutions Group**: 2007. Disponível em: http://www.statit.com/services/SPCOverview_mfg.pdf.

URURAHY, Sylvio Cardoso. **Manual de controle de qualidade na indústria mecânica**. Rio de Janeiro: confederação nacional da indústria, 1980. 107 p.

VIANNA, Ilca Oliveira de A. **Metodologia do trabalho científico**: um enfoque didático da produção científica. São Paulo: E.P.U., 2001. 288 p.

VIEIRA, Sonia. **Estatística para a qualidade:** Como avaliar com precisão a qualidade em produtos e serviços. Rio de Janeiro: campus, 1999, 198 p.