

ANA MARIA DE PAULA CALTABIANO

Gráficos de controle com tamanho de amostra variável: classificando sua estratégia conforme sua destinação por intermédio de um estudo bibliométrico

Ana Maria de Paula Caltabiano

Gráficos de controle com tamanho de amostra variável: classificando sua estratégia conforme sua destinação por intermédio de um estudo bibliométrico

Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do diploma de Mestre em Engenharia de Produção na área de Gestão de Operações.

Orientador: Prof. Dr. Antonio Fernando Branco Costa

Coorientador: Prof. Dr. Otávio José de Oliveira

Guaratinguetá - SP
2018

C166g Caltabiano, Ana Maria de Paula
Gráficos de controle com tamanho de amostra variável: classificando sua estratégia conforme sua destinação por intermédio de um estudo bibliométrico / Ana Maria de Paula Caltabiano – Guaratinguetá, 2018.
59 f : il.
Bibliografia: f. 47-48

Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2018.
Orientador: Prof. Dr. Antonio Fernando Branco Costa
Co-Orientador: Prof. Dr. Otávio José de Oliveira

1. Gráficos em Engenharia. 2. Bibliometria. 3. Estatística - Análise.
I. Título.

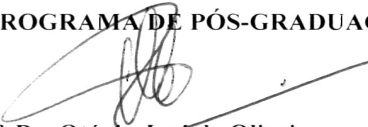
CDU 519(043)

ANA MARIA DE PAULA CALTABIANO

**ESTA DISSERTAÇÃO FOI JULGADA ADEQUADA PARA A OBTENÇÃO DO TÍTULO DE
“MESTRE EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO”**

**PROGRAMA: ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
CURSO: MESTRADO ACADÊMICO**

APROVADA EM SUA FORMA FINAL PELO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO


Prof. Dr. Otávio José de Oliveira
Coordenador

BANCA EXAMINADORA:


Prof. Dr. OTÁVIO JOSÉ DE OLIVEIRA
Coorientador/UNESP-FEG


Prof. Dr. ANTONIO FÁRIA NETO
UNESP-FEG


Prof. Dr. NILO ANTONIO DE SOUZA SAMPAIO
UERJ

DADOS CURRICULARES

ANA MARIA DE PAULA CALTABIANO

NASCIMENTO	04.06.1992 – Roseira / SP
FILIAÇÃO	Antonio Alcindo Caltabiano Maria Nilda de Paula Caltabiano
2010/2014	Formação Graduação Bacharel em Engenharia de Produção Mecânica Universidade de Taubaté
2012	Curso de Extensão Capacitação em <i>Lean Manufacturing</i> Universidade de Taubaté
2013	Curso Complementar Nível <i>Green Belt - Six Sigma</i> Consultoria e Treinamento em Engenharia LTDA. – CEPROM
2015/2017	Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Segurança do Trabalho, nível Especialização, na Universidade de Taubaté.
2017/2019	Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, nível de Mestrado, na Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá da Universidade Estadual Paulista.

Dedico este trabalho de modo especial, à
minha família por me apoiar e acompanhar em
minha trajetória em busca do conhecimento.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço a Deus, fonte da vida e da graça. Agradeço pela minha vida, minha inteligência, minha família e meus amigos.

Ao meu orientador, *Prof. Dr. Antonio Fernando Branco Costa*, e aos meus co-orientadores, *Prof. Dr. Otávio José de Oliveira* e *Prof. Dr. Antonio Faria Neto*, que jamais deixaram de me incentivar. Sem a orientação, dedicação e auxílio destes, o estudo aqui apresentado seria praticamente impossível.

Aos meus pais *Antonio Alcindo Caltabiano* e *Maria Nilda de Paula Caltabiano* e à minha irmã *Dulce Durvalina de Paula Caltabiano*, que apesar das dificuldades enfrentadas, sempre incentivaram meus estudos.

Às funcionárias da Biblioteca do Campus de Guaratinguetá pela dedicação, presteza e principalmente pela vontade de ajudar.

Aos funcionários da Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá pela dedicação e alegria no atendimento.

“A tarefa não é tanto ver aquilo que ninguém viu, mas pensar o que ninguém ainda pensou sobre aquilo que todo mundo vê.”

Arthur Schopenhauer

RESUMO

Os gráficos de controle foram criados por Shewhart em torno de 1924. Desde então foram propostas muitas estratégias para melhorar o desempenho de tais ferramentas estatísticas. Dentre elas, destaca-se a estratégia dos parâmetros adaptativos, que deu origem a uma linha de pesquisa bastante fértil. Uma de suas vertentes está voltada ao gráfico de tamanho da amostra variável, que depende da posição do ponto amostral atual. Se ele está perto da linha central, a próxima amostra será pequena. Se ele está distante, mas ainda não na região de ação, a próxima amostra será grande. Este esquema de amostragem com tamanho de amostra variável se tornou conhecido com esquema VSS (*variable sample size*). Esta dissertação revisa os trabalhos da área de monitoramento de processos que tem como foco principal os esquemas VSS de amostragem. Foi feita uma revisão sistemática da literatura, por intermédio de uma análise bibliométrica do período de 1980 a 2018 com o objetivo de classificar a estratégia VSS, segundo sua destinação, por exemplo, os gráficos de \bar{X} com parâmetros conhecidos e observação independente. As destinações foram divididas em dez classes: I – tipo de VSS ; II – tipo de monitoramento; III – número de variáveis sob monitoramento; IV – tipo de gráfico; V – parâmetros do processo; VI – regras de sinalização; VII – natureza do processo; VIII – tipo de otimização; IX – modelo matemático das propriedades do gráfico; X – tipo de produção. A conclusão principal deste estudo foi que nas classificações sempre se tem uma classe predominante. Mais pesquisas devem focar, como prioridade de pesquisa, esquemas VSS destinados às classes não predominantes que se encontram como lacunas científicas.

PALAVRAS-CHAVE: Processos de monitoramento. Gráficos adaptativos. Tamanho de amostra variável. Análise bibliométrica. Lacunas científicas.

ABSTRACT

The control charts were created by Shewhart around 1924. Since then many strategies have been proposed to improve the performance of such statistical tools. Among them, the adaptive parameter control strategy is highlighted, which gave rise to a very fertile line of research. One of your research focuses on the variable sample size chart, that depends on the position of the current sampling point. If it is near the center line, the next sample will be small. If it is far, but not yet in the region of action, the next sample will be large. This sampling scheme with variable sample size became known as the VSS (variable sample size) scheme. This dissertation reviews the research work in the process monitoring field, whose main focus is VSS sampling schemes. A systematic review of the literature was carried out through a bibliometric analysis from 1980-2018 time period, aiming at the classification of the VSS strategy, according to its destination, for example, the \bar{X} charts with known parameters and independent observation. The assignments were divided into ten classes: I - VSS type; II – monitoring type; III - number of variables under monitoring; IV - Chart type; V - process parameters; VI - signaling rules; VII - nature of the process; VIII - optimization type; IX - mathematical model of the chat proprieties; X – production type. The main conclusion of this study was that for each of the classifications, there is always a predominant class. More researches would be focused on, as priority, VSS schemes designated to non-predominant classes that are scientific gaps.

KEYWORDS: Monitoring processes. Adaptive charts. Variable sample size. Bibliometric analysis. Scientific gaps.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Modelo de gráfico de controle VSS.....	27
Figura 2 – Fluxograma metodológico da pesquisa.....	28
Figura 3 – Enquadramento classificatório da pesquisa.....	29
Figura 4 – Fluxograma de análise das características do processo e do gráfico (estratos).....	32
Figura 5 – Artigos mais citados sobre gráficos VSS puro	33
Figura 6 – Artigos mais citados sobre gráficos VSS combinado	34
Figura 7 – Resultados do período de 1980 a 2017.....	35
Figura 8 – Gráfico de autores mais citados em VSS puro	37
Figura 9 – Gráfico dos autores mais citados em VSS combinado.....	39
Figura 10 – Quantidade de publicação por ano	41
Figura 11 – Gráfico de citações por tipo de VSS	41
Figura 12 – Análise de vida das pesquisas por autor de VSS puro	42
Figura 13 – Análise de vida das pesquisas por autor de VSS combinado	43

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Autores mais citados sobre gráficos VSS puro	38
Tabela 2 – Autores mais citados sobre gráficos VSS combinado	40

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Análise dos dados coletados na plataforma SCOPUS.....	30
Quadro 2 – Filtros aplicados na pesquisa.....	30

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CUSUM	Gráfico de controle da soma cumulativa
EWMA	Gráfico de controle da média móvel exponencialmente ponderada
VMAX	Gráfico de controle da maior variância
RMAX	Gráfico de controle da maior amplitude
SJR	<i>SCImago Journal Rank</i>
ISSN	<i>International Standard Serial Number</i>

LISTA DE SÍMBOLOS

μ	Média do processo
μ_0	Média inicial do processo
σ	Desvio padrão
$\pm 3\sigma$	Limites 3-sigma
δ	Deslocamento sofrido pela média do processo
k	Fator de abertura dos limites de ação
w	Fator de abertura dos limites de advertência
Z	Valor padronizado
\bar{X}	Gráfico de média
R	Gráfico de amplitude
S	Gráfico de desvio padrão
t	Gráfico t- student
T^2	Gráfico de Hotelling's T^2
p	Gráfico de fração defeituosa ou proporção não conforme
np	Gráfico de número de defeituosos
u	Gráfico para número de não-conformidades por unidade de inspeção
C	Gráfico de número de não conformidade
AL	Gráfico de ajuste de perda
Q	Gráfico de controle de intervalos
X^2	Gráfico de Mapa de Controle qui-quadrado não central

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
1.1	OBJETIVOS.....	16
1.2	DELIMITAÇÃO DA PESQUISA.....	16
1.3	JUSTIFICATIVA	17
1.4	ESTRUTURA DO TRABALHO	18
2	INTRODUÇÃO AO CONTROLE DE QUALIDADE	19
2.1	FUNDAMENTOS DO GRÁFICO DE CONTROLE	20
2.2	CARACTERÍSTICAS DO PROCESSO E DO GRÁFICO DE CONTROLE.....	21
3	GRÁFICO ADAPTATIVO DE TAMANHO DE AMOSTRA VARIÁVEL ..	25
4	MÉTODO DE PESQUISA	28
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES	31
6	CONCLUSÃO	44
6.1	VERIFICAÇÃO DOS OBJETIVOS	44
6.2	CONCLUSÕES.....	44
6.3	SUGESTÃO DE PESQUISA.....	45
	REFERÊNCIAS	46
	BIBLIOGRAFIA CONSULTADA	48
	APENDICE A - Nova Tecnologia: Aplicativo de Gráfico de Controle VSS ..	49
	ANEXO A - Planilha de Artigos VSS Puro	51
	ANEXO B - Planilha de Artigos VSS Combinado	54

1 INTRODUÇÃO

Os gráficos de Shewhart são utilizados para monitorar os parâmetros do processo. Para melhorar o desempenho do gráfico de controle, surgiram os esquemas de amostragem adaptativos. Os gráficos de controle adaptativos, em que ao menos um dos seus três parâmetros é variável, a saber: intervalos entre retiradas de amostras, tamanho de amostras, fator de abertura dos limites de controle.

Nesta dissertação é apresentado um estudo sobre gráficos de controle adaptativo, cujo esquema de amostragem abordado é onde o tamanho da próxima amostra varia conforme informações atuais do processo. Se ele estiver próximo à linha central, a próxima amostra deverá ser pequena. Se estiver distante, mas ainda na região de ação, a próxima amostra deverá ser grande.

A primeira proposta de um gráfico de controle adaptativo é a de Reynolds *et al.* (1988), em que foi estudado os gráficos de \bar{x} com intervalos entre retiradas de amostra variável, que ficaram conhecidos como gráficos de \bar{x} com esquema VSI (*variable sampling interval*) de amostragem.

Prabhu *et al.* (1993) e Costa (1994) foram os primeiros a estudar os gráficos de controle de \bar{x} com esquema VSS (*variable sample size*) de amostragem.

Deve-se destacar que, dependendo do processo, é operacionalmente mais simples variar o tamanho das amostras do que o intervalo de amostragem.

Costa (1999) foi o primeiro a variar todos os parâmetros do gráfico de controle, esse esquema ficou conhecido como esquema VP (*variable parameters*) de amostragem.

Quando o ponto amostral está próximo da linha central pensa-se que o processo está sob controle. Espera-se mais para a retirada da próxima amostra. Se a amostra for pequena, os limites são alargados, reduzindo assim a ocorrência de alarmes falsos. Por outro lado, quando o ponto está próximo dos limites de controle, mas não na região de ação, pensa-se que o processo está fora de controle. Logo, tem-se que esperar menos tempo para retirar a próxima amostra. Se tivermos uma amostra grande, como os limites de controle estreitados, permite um maior risco com alarmes falsos.

Esta dissertação apresenta uma análise bibliométrica dos artigos do período de 1980 a 2018 que tratam do monitoramento de processo, em particular, daqueles que utilizam os esquemas VSS de amostragem. Ao se conhecer com profundidade as destinações dos esquemas VSS de amostragem, surgem de forma natural as oportunidades de melhores pesquisas envolvendo tais esquemas.

Lacunas científicas podem ser consideradas como tópicos, em que se encontra falta de informação para alcançar um entendimento.

Esta análise bibliométrica foi utilizada para entender melhor a evolução do quadro de controle adaptativo na comunidade acadêmica. Quanto à coleta de dados, utilizou-se a base de dados da Scopus, período de 1980 a 2018. Os artigos foram selecionados pelo título, com as seguintes palavras chaves: *variable sample size*, *variable parameters* combinado com *control chart*. Na primeira etapa respeitou-se sempre a restrição de artigos com foco principal nos esquemas VSS de amostragem.

Em uma segunda etapa, mais artigos foram selecionados com base nos nomes dos autores mais citados e com base nas referências dos artigos listados em tais esquemas.

A questão de pesquisa que norteia esta dissertação é a seguinte: Quanto se conhece do universo dos gráficos de esquema VSS de amostragem, dentro do contexto de cartas de controle adaptativas, e quais oportunidades de futuras pesquisas se apresentam sobre o assunto?

1.1 OBJETIVOS

O objetivo geral deste trabalho é classificar os artigos que tratam de monitoramento de processo, do período de 1980 a 2018, cujo foco principal seja o uso dos esquemas VSS de amostragem, segundo sua destinação, por exemplo, para o monitoramento de processos univariados e por atributo, identificando lacunas científicas que sirvam como proposta para futuras pesquisas.

Os objetivos específicos estão listados a seguir:

- Selecionar os trabalhos que tratam de monitoramento de processo, cujo foco principal tem sido os esquemas VSS de amostragem;
- Destacar artigos e autores mais citados;
- Construir um fluxograma das destinações do esquema VSS.

1.2 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA

Esta pesquisa, na área de monitoramento de processo, está delimitada quanto ao objeto de estudo os “esquemas VSS de amostragem”, em que foi restringida:

- Aos artigos mais citados sobre o assunto (artigos que o título contenha: “*Variable sample size*” e com título “*Variable parameter*” e tópico “*Control chart*”);

- Quanto de investigação período de 1980 a 2018, por ser esta data de início um marco para os gráficos adaptativos;
- Com abrangência de acesso (publicação internacional);
- Em base de dado confiável (Scopus), de forma a garantir a exequibilidade da pesquisa e resultados relevantes.

1.3 JUSTIFICATIVA

Os processos industriais vêm passando por modificações, a fim de atender ao quesito de qualidade nos produtos e satisfazer a necessidade dos clientes. Por muito tempo, a qualidade foi considerada prioridade. Como resultado, pesquisas acadêmicas têm sido revitalizadas e relatadas em volumes crescentes em todos os aspectos.

Os gráficos de controle são uma das mais efetivas ferramentas de monitoramento de processo usadas para melhorar a qualidade e a produtividade de um processo produtivo.

O modelo tradicional instituído por Shewhart, embora simples, oferece um bom desempenho na detecção de grandes mudanças na média do processo. O que não acontece em pequenas a moderadas mudanças no processo.

Para se estabelecer processos com qualidade, muitas melhorias foram feitas no modelo proposto por Shewhart, buscando-se alternativas para a rápida detecção de variações.

Desde o final dos anos 1980, pesquisadores em controle estatístico de processo têm estudado a desempenho das cartas de controle, em que propõem a adaptação de um ou mais parâmetros de um gráfico de controle (MAHADIK; SHIRKE, 2011).

Este trabalho possibilita ter uma visão geral da literatura sobre gráficos de controle adaptativos com o esquema VSS de amostragem, por intermédio de análise bibliométrica, que utiliza de levantamento de dados (data da publicação, categoria do assunto, revista, autor, país e instituto de pesquisa) na base de dados Scopus. Neste trabalho, foi utilizado como ferramenta o software Excel para tabulação.

O mesmo abrange estudos iniciais de 1980 até recentes pesquisas de 2018. Os gráficos VSS são substancialmente mais rápidos do que gráficos tradicionais na detecção de mudanças no processo, sendo, portanto, relatado nos diversos artigos de relevância internacional.

1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho é composto por seis capítulos, dentre os quais, o primeiro traz a introdução juntamente com a questão de pesquisa, objetivos gerais e específicos e a justificativa para a realização deste.

No segundo capítulo está referenciada a teoria utilizada para embasamento da pesquisa por meio de explicações sobre o início do controle do processo, mostrando cada elemento importante a este trabalho sobre a característica do processo e dos gráficos de controle.

O terceiro capítulo descreve a teoria sobre gráfico adaptativo e foca na amostragem com tamanho de amostra variável.

O quarto capítulo demonstra os métodos que foram utilizados para executar este trabalho, incluindo a classificação científica e o fluxo de pesquisa.

No quinto capítulo, apresentam-se os resultados e discussão sobre os artigos voltados ao assunto em questão e as lacunas científicas encontradas.

O sexto capítulo traz as conclusões e logo após as referências bibliográficas utilizadas em todo o trabalho.

2 INTRODUÇÃO AO CONTROLE DE QUALIDADE

O Controle Estatístico de Qualidade é um conjunto de técnicas e procedimentos que conduzem à inspeção, identificação, monitoramento, intervenção e aprimoramento de características de qualidade na produção de bens e serviços (FERREIRA, 2010).

A sua aplicação em diversos empreendimentos permite o seu engajamento em um programa de melhoria contínua. Dessa forma, tem-se a informação sobre o estado de equilíbrio do sistema e de sua capacidade de gerar itens que atendam às especificações.

Qualidade sempre foi parte integrante de todos os produtos e serviços, e por isso sua garantia é um critério de competitividade no mercado para alcançar a satisfação dos clientes e a manutenção da qualidade de bens e serviços.

Ao longo dos anos, diversos estudos foram feitos para aprimorar o controle permanente dos processos, resultando no desenvolvimento de métodos estatísticos que hoje são amplamente utilizados para garantir a qualidade do produto, como estudos atuais sobre VSS têm-se: VSS de amostragem aplicado ao gráfico t para pequenas produções (Castagliola, P. et al., 2013); novo gráfico VSS aproximado ao gráfico EWMA (Amiri, A. et al., 2014); gráfico VSS no estudo de gráfico multivariados T^2 (Aparisi, F. et al., 2014); uso do gráfico VSS no monitoramento do coeficiente de variação (Castagliola, P. et al., 2015 e Yeong, W.C. et al., 2017); desempenho dos gráficos VSS com erros mensuráveis (Hu, X. et al., 2016). Percebe-se que estudos atuais foram abordados como nova fonte de pesquisa e outros para revitalização.

A aplicação dos métodos estatísticos no estudo de melhoria da qualidade iniciou-se em 1924 com a pesquisa de Walter A. Shewhart, considerada como o começo do controle estatístico de qualidade, quando desenvolveu o conceito de controle estatístico por intermédio de gráficos de controle.

O método de controle estatístico tem por objetivo garantir que o processo produtivo atenda as especificações do produto, eliminando as causas especiais que afetam o processo e geram falhas. Para isso, faz-se uso de gráficos de controle, uma das principais técnicas do controle estatístico.

O gráfico de controle é uma técnica de monitoramento do processo muito útil para identificar variações ao longo do processo. Quando mudanças são encontradas no processo a variabilidade está presente. As médias amostrais estarão fora dos limites de controle. Isto é prova da necessidade de alguma investigação do processo e de que alguma ação corretiva deve ser tomada para a remoção dessas mudanças. O uso sistemático do gráfico de controle é um excelente modo de reduzir a variabilidade.

Para Costa *et al.* (2014) não se deve interferir no processo quando os pontos dos gráficos vão distribuindo-se aleatoriamente em torno da linha média. Essa variação é decorrente de causas aleatórias, próprias do processo. O bom desempenho de um gráfico de controle é medido quanto à rapidez com que esta ferramenta detecta mudanças no processo. A relação entre custo de operação e a eficácia do gráfico deve ser comparada aos parâmetros de implantação: o tamanho das amostras, o intervalo de tempo das amostragens e do posicionamento dos limites de controle no gráfico.

2.1 FUNDAMENTOS DO GRÁFICO DE CONTROLE

Quando estamos em uma linha de produção, pensa-se que todas as unidades produzidas são iguais. Entretanto, descobriu-se que elas não são tão iguais assim. Isto se dá pela variabilidade do processo (COSTA et al., 2014).

A variabilidade pode ocorrer devido às causas aleatórias e causas especiais. Para Costa et al. (2014) as causas aleatórias são aquelas que possuem uma variabilidade do processo pequena, causando diferenças difíceis de se observar. Já as causas especiais são aquelas que ocorrem ocasionalmente, que tem o efeito de deslocar a variável aleatória e ou aumentar a sua dispersão.

Segundo Costa et al. (2014) quando o processo apresenta apenas a variabilidade natural (causas aleatórias), o gráfico está em controle estatístico. Quando existem causas especiais no processo, diz-se que o processo está fora de controle. Logo os processos devem ser monitorados todo o tempo, para detectar a presença de causas especiais. Detectada a presença, procedemos com uma investigação para encontrar causa ou causas especiais, intervindo em sua eliminação. Alguns dos controles utilizados são [...] os gráficos de controle de \bar{X} e R, também conhecidos como gráficos de média e amplitude, que servem para monitorar processos cuja característica de qualidade de interesse X é uma grandeza mensurável. O monitoramento é realizado por intermédio da análise periódica de amostra: a cada intervalo de tempo h retira-se uma amostra de n itens para análise.

Os gráficos de controle possuem limites de controle superior (LSC) e inferior (LIC), que delimitam a linha de ação, ou seja, o intervalo em que o processo está sob controle. Há também uma linha média (LC), que mostra se há ou não variabilidade no processo.

Quando os pontos nos gráficos estão distribuídos próximos à linha média, o processo está sob controle e não há a necessidade de intervenção. Contudo, se um dos pontos cai na

região de ação do gráfico de controle, ou seja, próximo ao limite inferior ou superior, deve-se intervir no processo, pois o afastamento excessivo desse ponto em relação à linha média deve-se, provavelmente, a alguma causa especial.

Segundo Costa et al. (2014), Shewhart, ao criar os gráficos de controle, não exigiu que os dados do processo seguissem uma distribuição normal, como as estatísticas R (gráfico de amplitude) e S (gráfico de desvio padrão), bem como as contagens de defeitos e de unidades defeituosas usadas nos gráfico de C (número de não conformidade), np (número de defeituosos), e p (fração defeituosa ou proporção não conforme), seguem distribuições diferentes da normal. Já a violação da hipótese de independência das observações reduz a aplicabilidade dos gráficos convencionais. Quando os valores da característica de qualidade possuem alguma interdependência, ou autocorrelação, mesmo que em grau relativamente pequeno, o risco α (probabilidade de uma observação cair fora dos limites do gráfico, com o processo em controle), aumenta e compromete a credibilidade desse dispositivo pela ocorrência de um número elevado de alarmes falsos.

Só é possível monitorar um processo após conhecê-lo bem. A etapa inicial, que antecede a própria construção e a utilização dos gráficos de controle, é de aprendizagem. Nela, procuram-se conhecer os fatores que afetam a característica de qualidade X , para assim identificar as causas especiais, eliminá-las e construir um gráfico com estado de controle estatístico.

2.2 CARACTERÍSTICAS DO PROCESSO E DO GRÁFICO DE CONTROLE

Segundo Montgomery (2013) muitas características da qualidade podem ser expressas em termos de uma medida numérica. Uma medida única de uma característica da qualidade é chamada de variável, por exemplo, dimensão, peso e volume. Ao lidarmos com uma característica da qualidade que é uma variável, é usualmente necessário monitorar tanto o valor médio como sua variabilidade. O controle da média do processo ou do nível médio da qualidade é feito por intermédio do gráfico de controle para médias. A variabilidade do processo pode ser monitorada tanto pelo gráfico de controle do desvio padrão, chamado gráfico S , como pelo gráfico de amplitude, chamado gráfico R .

Nem sempre é por meio de mensurações que se avalia a qualidade de um produto. Conforme Costa et al. (2014), itens como pregos, parafusos ou lâmpadas são simplesmente classificados em “defeituosos” ou “não defeituosos”. O gráfico de controle do número de defeituosos, também conhecido como gráfico np , e o gráfico de controle da fração defeituosa,

também conhecido como gráfico da proporção não conforme, ou simplesmente gráfico de p ; servem para monitorar processos que produzem regularmente certa porcentagem de itens defeituosos, mesmo na ausência de causas especiais. Produtos como tecidos, geladeiras e automóveis, em que alguns pequenos defeitos não inutilizam o produto, utiliza-se, no monitoramento do processo, o gráfico c , de números de não conformidade na amostra. Quando há variação no número de metros de um rolo para outro, por exemplo, utilizamos no controle da frequência de não conformidade o gráfico de u , do número de não-conformidades (ou defeitos) por unidade de inspeção, com tamanho de amostra variável. Ser “defeituoso” ou “não defeituoso” ou ter não conformidades presentes são atributos de um produto.

Quando há pequenas alterações no processo, existem duas alternativas ao gráfico de controle de Shewhart que podem ser utilizadas, sendo elas, o gráfico de controle da soma cumulativa (CUSUM, Cumulative Sum Chart) e o gráfico de controle da média móvel exponencialmente ponderada (EWMA, Exponentially Weighted Moving Average).

O gráfico CUSUM incorpora diretamente toda a informação na sequência dos valores da amostra, plotando as somas acumulativas dos desvios dos valores da amostra a um valor-alvo.

O desempenho do gráfico EWMA é aproximadamente equivalente ao gráfico CUSUM e sendo, de certa forma, mais fácil de estabelecer e operar. É tipicamente usado com observações individuais (MONTGOMERY, 2013).

Segundo Machado et al. (2008) outro gráfico existente é o de controle da maior variância (VMAX), que tem um desempenho superior ao do gráfico da variância amostral generalizada $|S|$ e, além disso, tem uma melhor capacidade de diagnóstico, ou seja, com ele é mais fácil identificar a variável que teve sua variabilidade alterada pela ocorrência da causa especial, outro gráfico é o de controle da maior amplitude (RMAX) que analisa as amplitudes.

Segundo Montgomery (2013) para se analisar o tipo de processo monitorado deve-se classificá-lo em controle univariado ou multivariado. Na visão univariada há apenas uma variável de saída. Entretanto, várias variáveis relacionadas estão presentes na maioria dos cenários de monitoramento e controle de processos. Nesta situação, não se obtém um controle eficaz no monitoramento univariável, o que pode levar a conclusões errôneas.

Gráficos de controle multivariados funcionam bem quando o número de variáveis é pequeno, porém perdem eficiência em detectar mudanças à medida que o número de variáveis cresce.

O procedimento de monitoramento e controle de processos multivariados comumente utilizado é o gráfico de controle T^2 de Hotelling para monitoramento do vetor média do processo.

O valor T^2 da estatística representa uma medida da distância de um vetor observação em relação ao vetor média do processo. Seu valor ideal é zero, indicando que o vetor observado está localizado no centro do processo. Sua utilização é análoga ao gráfico de Shewhart univariado, sendo construída ao plotar-se valores da estatística T^2 ao longo do tempo.

Os parâmetros do processo podem ser conhecidos ou desconhecidos. Caso sejam conhecidos, é possível especificar valores padrão ou de referência para a média e desvio padrão do processo, de modo a construir os gráficos sem a necessidade de se recorrer a dados históricos.

Segundo Zhou (2017), na prática, a média e o desvio padrão são desconhecidos. Neste caso, o comum tratamento é estimar os parâmetros desconhecidos usando os dados históricos.

A natureza do processo pode ser independente, autocorrelacionada e não normal. Conforme Montgomery (2013), a independência das observações é uma importante suposição quando se fala de gráficos de controle. Uma vez que, os gráficos de controle convencionais não funcionam bem, quando a característica de qualidade apresenta, ao longo do tempo, níveis, ainda que baixos, de correlação. Logo, quando os dados são correlacionados, os gráficos de controle darão resultados enganosos sob a forma de demasiados alarmes falsos. Os exemplos incluem processos químicos em que medidas consecutivas sobre o processo ou uma característica do produto se apresentam não raro altamente correlacionados, ou testes e processos de inspeção automatizados, onde toda a característica da qualidade é medida em cada unidade na ordem temporal de produção.

Outro dado muito importante é que muitas pesquisas se baseiam na suposição que os dados do processo seguem uma distribuição normal. Entretanto, isto pode não ser verdade em muitos processos de produção. Se a mensuração dos dados do processo segue uma distribuição não-normal, a estatística utilizada em um gráfico de controle segue uma distribuição normal, somente quando o tamanho da amostra é grande o suficiente.

Os limites 3-sigma previstos seria um guia racional e econômico para perdas de dois erros: atribuir uma variação ou um erro a uma causa especial, quando na verdade a causa pertence ao sistema (causa comum), também conhecido como erro Tipo I (quando a hipótese nula é verdadeira e é rejeitada); ou atribuir uma variação ou um erro do sistema (causas comuns), quando na verdade a causa foi especial, também conhecido como erro Tipo II (quando a hipótese nula é falsa e você não a rejeita).

Outras regras especiais de sinalização podem ser elencadas: *Synthetic* e *Side Sensitive Synthetic*.

Para Justino et al. (2014) a regra especial é atrativa para os usuários que, em sua maioria, prefere esperar um segundo ponto fora dos limites de controle para então investigar a causa especial que causa perturbação no processo.

Ainda segundo Justino et al. (2014), a regra *Synthetic* propõe que a intervenção no processo seja feita apenas quando dois pontos forem plotados, não muito distantes um do outro, fora dos limites de controle. Já na regra *Side Sensitive Synthetic*, semelhante a regra *Synthetic*, além dos dois pontos plotados fora dos limites de controle, os mesmos devem estar do mesmo lado do gráfico em relação à média para que a intervenção seja feita. Desta forma, detectam-se perturbações no processo com mais rapidez do que o *Synthetic Chart*.

Para o projeto do gráfico de controle encontram-se três designs: econômico, estatístico e econômico-estatístico.

Conforme Niak et al. (2012) no tipo de otimização do gráfico, na análise estatística, os parâmetros são determinados segundo o desempenho estatístico da carta, na qual são mensurados ou em termos de erro tipo I e II ou em termos de NMA (número médio de amostras até o sinal) e NMAF (número médio de amostras até um alarme falso). Em uma análise econômica, os parâmetros são selecionados com base na minimização do custo do modelo. A análise econômico-estatística une os dois procedimentos em uma só carta.

Para se determinar os parâmetros conta-se com modelos matemáticos para processos que evoluem ao longo do tempo, como: cadeias de Markov e qualquer outro modelo, que não siga o modelo da cadeia de Markov.

Segundo Hillier et al. (2006) as cadeias de Markov possuem propriedade especial de que as probabilidades que envolvem como o processo evolui no futuro dependem apenas do estado atual do processo e, portanto, são independentes de eventos no passado. Muitos processos se encaixam nesta descrição, de modo que as cadeias de Markov proporcionam um tipo de modelo especialmente importante.

3. GRÁFICO ADAPTATIVO DE TAMANHO DE AMOSTRA VARIÁVEL

Para Costa *et al.* (2014), enquanto os pontos dos gráfico vão se distribuindo aleatoriamente em torno da linha média, não se deve intervir no processo. Ou seja, essa variação é decorrente de causas aleatórias, intrínsecas ao processo. Os processos devem ser permanentemente monitorados, para detectar a presença de causas especiais, que podem aumentar sua dispersão e/ou tirar a média do valor-alvo. Detectada essa presença, deve-se proceder a uma investigação.

Conforme Wu (2011) um gráfico de controle pode ter parâmetros variáveis, sendo eles de dois tipos: gráfico estático e gráfico adaptativo. Um gráfico de controle estático tem parâmetros fixos em relação ao tamanho de amostra n , intervalo de amostragem h , limite de controle inferior (LCI) e limite de controle superior (LCS). Por outro lado, um gráfico de controle adaptativo tem pelo menos um de seus parâmetros (n , h , LCS e LCI) que pode ser alterado com base nos valores das estatísticas da amostra, que fornece informações sobre o estado atual do Processo.

Para Castagliola *et al.* (2012) e Noorossana *et al.* (2015) o princípio geral que regula os gráficos adaptativos é baseado no fato de que, se um ponto plotado da amostra cai perto da linha central do gráfico, não há evidência de uma alteração no parâmetro do processo e, como resultado, a próxima amostra terá um menor tamanho ou um intervalo de amostragem mais longo ou um limite de controle de coeficiente mais alto. Por outro lado, se o ponto plotado da amostra cair dentro, mas próximo dos limites de controle, pode-se concluir que há uma mudança provável no parâmetro do processo e, como resultado, a próxima amostra terá um tamanho maior ou um curto intervalo de amostragem ou limite de controle mais baixo, para detectar qualquer alteração no parâmetro do processo o mais rápido possível.

O processo e o gráfico utilizado possuem características que o definem quanto sua aplicação. Pode-se ver que para os gráficos VSS de amostragem se dividem em duas classificações: puro, somente VSS, e combinado, como o gráfico de tamanho e intervalos variáveis (VSSI, *variable sample and sampling interval*) e de parâmetro variável (VP, *variable parameter*).

O gráfico VSS puro, diz respeito à estratégia que varia apenas o tamanho da amostra. Já o VSS combinado faz alusão à variação de todos os parâmetros ou os gráficos que além de variar o tamanho de sua amostra, varia também outro parâmetro.

De acordo com Huang *et al.* (2014) os gráficos de controle adaptativo podem variar, sendo classificados como:

- Parâmetro variável (VP), se $(n1 \neq n2)$, $(h1 \neq h2)$ e $(k1 \neq k2)$;
- Tamanho de amostra e intervalo de amostragem (VSSI), se $(n1 \neq n2)$, $(h1 \neq h2)$ e $(k1 = k2)$;
- Tamanho de amostra variável (VSS), se $(n1 \neq n2)$, $(h1 = h2)$ e $(k1 = k2)$;
- Intervalo de amostragem variável (VSI), se $(n1 = n2)$, $(h1 \neq h2)$ e $(k1 = k2)$.

Os limites de advertência w e $-w$ podem ser adaptáveis ou não em todos os casos acima mencionados.

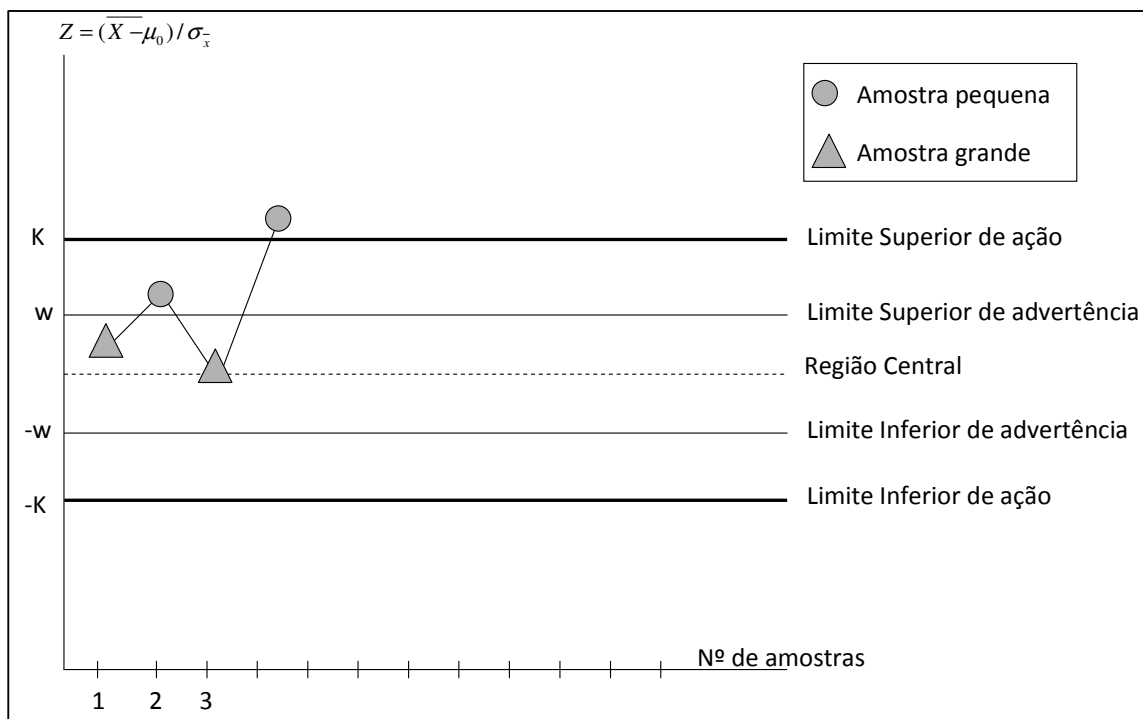
Os gráficos VSS detectam qualquer mudança no parâmetro de processo o mais rápido possível, em que o processo de monitoramento começa em um estado de controle estatístico, amostra grande, conforme mostrado na figura 1.

Conforme Costa (1994) se um ponto plotado da amostra cair próximo da linha central do gráfico, não há nenhuma evidência de alteração no parâmetro do processo e como resultado a amostra seguinte terá um tamanho menor. Se o ponto plotado da amostra cair dentro, porém próximo dos limites de controle, pode-se concluir que há uma provável mudança no parâmetro de processo e como resultado a amostra seguinte terá um tamanho maior.

Conforme figura 1, pode-se observar que o gráfico relaciona o valor Z (valor padronizado) e o número de amostras no gráfico VSS. O valor Z , na amostra coletada, permite encontrar a média, a variância e o desvio padrão. Para calcular o valor Z , deve-se encontrar a diferença do valor da amostra e da média aritmética e depois dividir o resultado pelo desvio padrão.

Ainda, percebe-se na figura 1 um intervalo amostral, em que inicialmente tem-se o estado de controle estatístico, logo próxima amostra será pequena. Na 2ª amostra, o ponto foi plotado próximo dos limites de advertência, então, a amostra seguinte terá um tamanho maior. Na 3ª amostra, o ponto foi plotado próximo da linha central, tendo a amostra seguinte um tamanho menor. E por último, neste exemplo, a 4ª amostra tem o ponto plotado acima dos limites de controle, sendo assim a amostra seguinte terá um tamanho maior.

Figura 1 - Modelo de gráfico de controle VSS

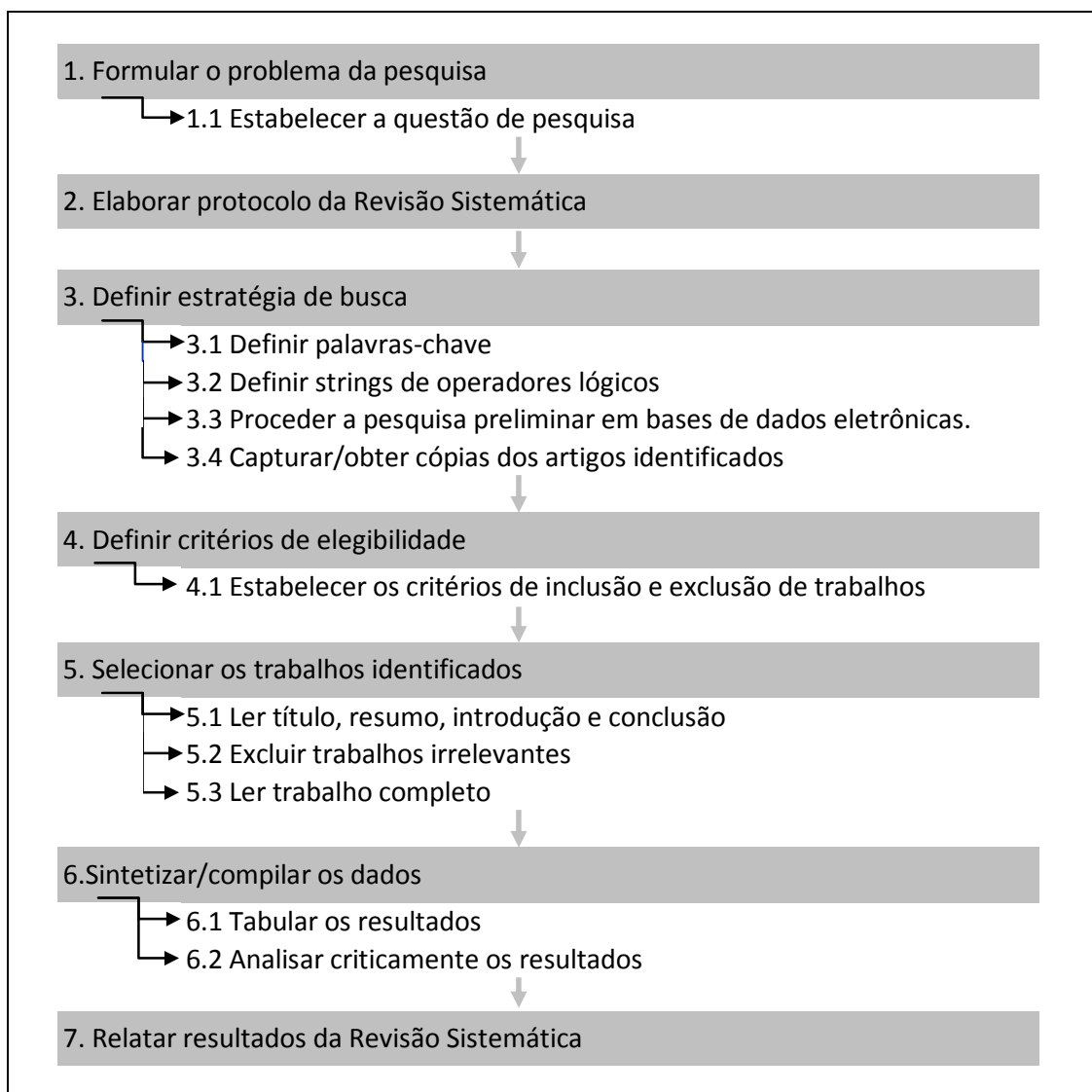


Fonte: Produção do próprio autor

4. MÉTODOS DE PESQUISA

Para a execução desta dissertação foi realizada uma revisão sistemática da literatura, utilizando-se de análise bibliométrica, seguindo uma versão simplificada do processo, como forma de adaptação comentada por Tranfield et al. (2003), Segue detalhada na figura 2.

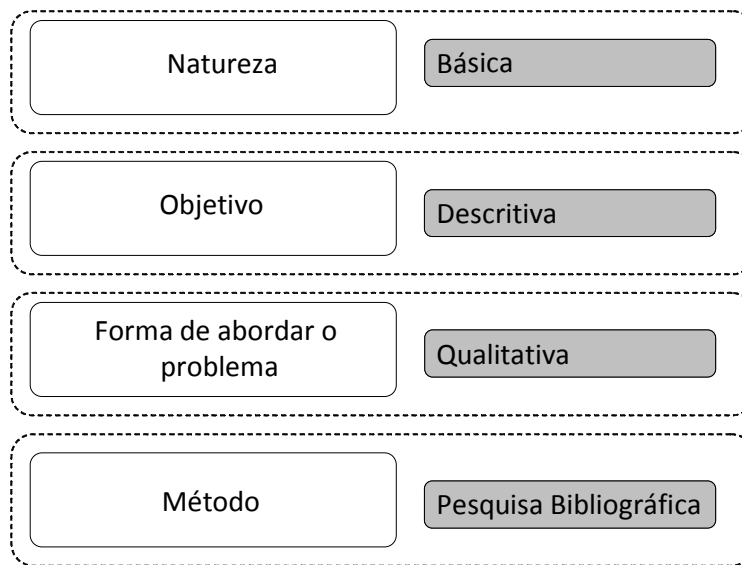
Figura 2 - Fluxograma metodológico da pesquisa



Fonte: Elaborado com base em Tranfield *et al.* (2003).

A Figura 3, por sua vez, apresenta a classificação para esta pesquisa científica.

Figura 3 - Enquadramento classificatório da pesquisa



Fonte: Elaborado com base em Bertrand e Fransoo (2002); Gil (2010); Miguel et al. (2012).

A análise bibliométrica é uma ferramenta eficaz para coletar dados, relacionando as tendências de pesquisa sobre tópicos de um determinado campo de estudo, tendo como base a data da publicação, categoria do assunto, revista, autor, país e instituto de pesquisa, além da frequência com que palavras-chaves são citadas, entre outros. Neste trabalho foram levantados artigos na base de dados SCOPUS e lançados em uma planilha de Excel. Buscou-se os artigos mais citados do período de 1980 a 2018, para assim encontrar dentre eles os principais autores.

Nos últimos anos, a rede bibliométrica de análise tem sido cada vez mais aplicada em estudos a fim de se analisar as relações entre palavras-chaves, país, instituto de pesquisa e autor (ZHUANG *et al.*, 2013).

A plataforma Scopus é uma grande base de dados, que armazena resumos revisados e citações de literatura, fornecendo uma abrangente visão sobre a produção de pesquisa no mundo acadêmico e científico, além de disponibilizar vários recursos e ferramentas para o monitoramento, análise e visualização das pesquisas, sendo interdisciplinares e vistas como ferramentas colaborativas. Logo a busca de artigos foi realizada nesta plataforma.

Os dados obtidos a partir da plataforma foram analisados de acordo com o quadro 1.

Quadro 1 - Análise dos dados coletados na plataforma Scopus

Etapas	Descrição
1	Artigos mais citados
2	Número de artigos por estrato
3	Autores mais citados (Tópico: esquema VSS de amostragem)
4	Porcentagem de pesquisa em esquema VSS de amostragem

Fonte: Produção do próprio autor

Para a pesquisa nas bases de dados foram aplicados filtros, a fim de aumentar a precisão dos resultados, conforme descrito no quadro 2.

Quadro 2 - Filtros a serem aplicados na pesquisa

Filtros	Descrição
Título	“variable sample size”
Título / Título, resumo e palavra chave	“variable parameter” / “control chart”
Período de publicação	1980 a 2018
Tipo do documento	Artigo

Fonte: Produção do próprio autor

O domínio sobre a caracterização das publicações do tema em questão e a identificação de lacunas científicas tornou-se possível com base nos dados obtidos por intermédio da base de dados Scopus.

Deste modo, deve-se salientar que as análises levantadas permitiram o conhecimento sobre o desenvolvimento e caracterização das publicações sobre o tema em estudo, permitindo a identificação de lacunas científicas, encontradas por intermédio da porcentagem de estudos realizados sobre gráficos de controle com VSS de amostragem.

A análise bibliométrica dos dados coletados foi realizada pela ferramenta de software: Microsoft Excel. Com o auxílio do Microsoft Excel foram elaboradas planilhas, gráficos e tabelas com base nas informações coletadas do banco de dados.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

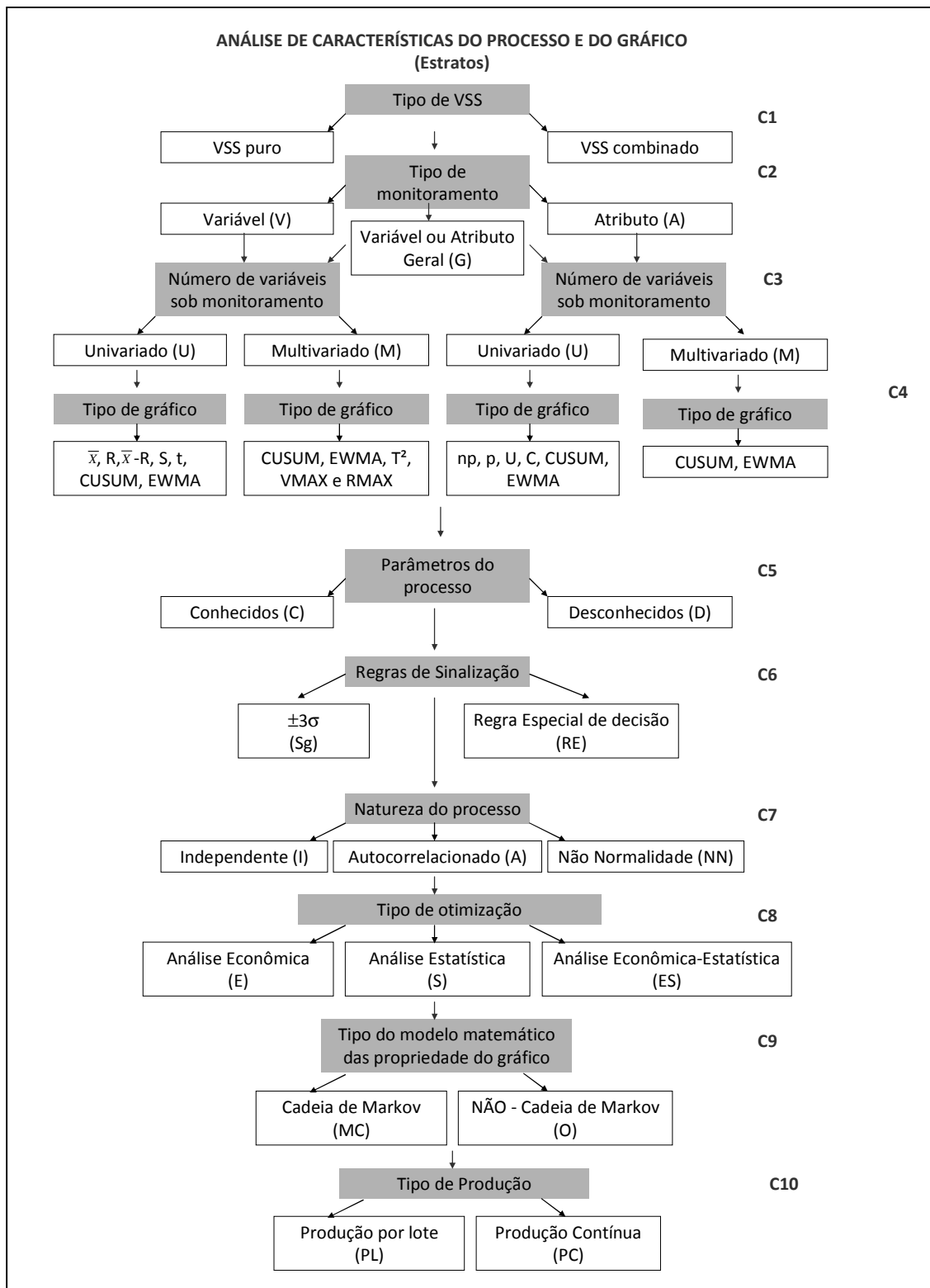
Neste capítulo foram apresentados os principais resultados obtidos a respeito do estudo levantado sobre gráficos de controle VSS. Este trabalho contribui para uma visão profunda do assunto em questão, podendo, assim, identificar as tendências científicas ao longo dos anos e levantar lacunas de pesquisa, propostas para trabalhos futuros.

A pesquisa divide-se em dois grupos VSS puro e VSS combinado. Foi elaborada, com base no aprofundamento do material teórico, uma estratificação. A mesma dividiu-se em 10 classes, em que analisa todos os parâmetros do processo e gráficos correspondentes, conforme a figura 4.

Esta estratificação gerou dois Apêndices B e C, em que os artigos são separados conforme número de citações do próprio artigo ou do autor e foram destacados neste trabalho os dez autores e artigos mais citados, ver figura 5 com análise do VSS puro e figura 6, VSS combinado.

Um levantamento de resultados foi gerado, em que é possível identificar os assuntos mais estudados e oportunidades de pesquisa, conforme figura 7. O levantamento de dados por número de citações permite que seja observado o que mais se utiliza como referência na área acadêmica e a tabela 1 e 2 nos mostra quais autores que mais prosperaram no assunto ao longo dos anos. Também se anotou as informações sobre SJR (*SCImago Journal Rank*), que é ponderado pelo prestígio de uma revista. Assunto, campo, qualidade e reputação da revista tem um efeito direto sobre o valor de uma citação. E ainda, sobre ISSN (*International Standard Serial Number*), sigla em inglês para Número Internacional Normalizado para Publicações Seriadas.

Figura 4 - Fluxograma de análise das características do processo e do gráfico (estratos)



Fonte: Produção do próprio autor

Figura 5 - Artigos mais cios sobre gráficos VSS puro

nº	Título	Autor	Periódico	ISSN	SJR 2016	Edição	Pág	Ano	Citações	Média de citações por ano
1	\bar{X} charts with variable sample size	Costa, A. F.B.	Journal of Quality Technology	0022-4065	1.098	26 (3)	155-163	1994	182	7,91
2	Economic design of a variable sample size \bar{X} chart	Park, C., Reynolds, M.R.	Communications in Statistics - Simulation and Computation	0361-0918	0.578	23 (2)	467-483	1994	46	2,00
3	The variable sample size \bar{X} chart with estimated parameters	Castagliola, P., Zhang, Y., Costa, A., Maravelakis, P.	Quality and Reliability Engineering International	0748-8017	1.048	28 (7)	687-699	2012	25	5,00
4	The variable sample size t control chart for monitoring short production runs	Castagliola, P., Celano, G., Fichera, S., Nenes, G.	International Journal of Advanced Manufacturing Technology	0268-3768	0.967	66 (9-12)	652-665	2013	18	4,50
5	A CUSUM scheme with variable sample sizes for monitoring process shifts	Zhang, S., Wu, Z.	International Journal of Advanced Manufacturing Technology	0268-3768	0.967	33 (9-10)	977-987	2007	15	1,50
6	Economic design of an attribute np control chart using a variable sample size	Kooli, I., Limam, M.	Sequential Analysis	0747-4946	0.322	30 (2)	145-159	2011	13	2,17
7	On variable sample size \bar{X} chart for processes with double assignable causes	Sim, S.B., Kang, C.W., Xie, M.	International Journal of Reliability, Quality and Safety Engineering	0218-5393	0.267	11 (1)	47-58	2004	8	0,62
8	A variable sample size S^2 -EWMA control chart for monitoring the process variance	Castagliola, P., Celano, G., Fichera, S., Nunnari, V.	International Journal of Reliability, Quality and Safety Engineering	0218-5393	0.267	15 (3)	181-201	2008	8	0,89
9	Controlling-dependent process steps using variable sample size control charts	Yang, S.-F., Su, H.-C.	Applied Stochastic Models in Business and Industry	1524-1904	0.670	22 (5-6)	503-517	2006	7	0,64
10	Optimal inspection policy for three-state systems monitored by variable sample size control charts	Wu, S.	International Journal of Advanced Manufacturing Technology	0268-3768	0.967	55 (5-8)	689-679	2011	7	1,17

Fonte: Produção do próprio autor

Figura 6 - Artigos mais citados sobre gráficos VSS combinado

nº	Título	Autor	Periódico	ISSN	SJR 2016	Edição	Pág	Ano	Citações	Média de citações por ano
1	\bar{X} chart with variable sample size and sampling intervals	Costa, A.F.B.	Journal of Quality Technology	0022-4065	1.098	29 (2)	197-204	1997	151	7,55
2	\bar{X} Charts with Variable Parameters	Costa, A.F.B.	Journal of Quality Technology	0022-4065	1.098	31 (4)	408-416	1999	113	6,28
3	Joint \bar{X} and R Charts with Variable Sample Sizes and Sampling Intervals	Costa, A.F.B.	Journal of Quality Technology	0022-4065	1.098	31 (4)	387-397	1999	86	4,78
4	Joint \bar{X} and R charts with variable parameters	Costa, A.F.B.	IIE Transactions (Institute of Industrial Engineers)	0740-817X	-	30 (6)	505-514	1998	72	3,79
5	EWMA control charts with variable sample sizes and variable sampling intervals	Reynolds M.R., Jr., Arnold, J.C.	IIE Transactions (Institute of Industrial Engineers)	0740-817X	-	33 (6)	511-530	2001	70	4,38
6	Economic design of \bar{X} charts with variable parameters: The Markov chain approach	Costa, A.F.B., Rahim, M.A.	Journal of Applied Statistics	0266-4763	0.402	28 (7)	875-885	2001	65	4,06
7	CUSUM control charts with variable sample sizes and sampling intervals	Arnold, J.C., Reynolds Jr., M.R.	Journal of Quality Technology	0022-4065	1.098	33 (1)	66-81	2001	52	3,25
8	A CUSUM scheme with variable sample sizes and sampling intervals for monitoring the process mean and variance	Wu, Z., Zhang, S., Wang, P.	Quality and Reliability Engineering International	0748-8017	1.048	23 (2)	157-170	2007	50	5,00
9	On the design of variable sample size and sampling intervals \bar{X} charts under non-normality	Lin, Y.-C., Chou, C.-Y.	International Journal of Production Economics	0925-5273	2.216	96 (2)	249-261	2005	47	3,92
10	Variable parameter and double sampling \bar{X} charts in the presence of correlation: The Markov chain approach	Costa, A.F.B., Machado, M.A.G.	International Journal of Production Economics	0925-5273	2.216	130 (2)	224-229	2011	39	6,50

Fonte: Produção do próprio autor

Figura 7 - Resultados do período de 1980 a 2017

Critério de Classificação	1980-2017	
	Número	Porcentagem
Tipo de VSS		
(1.1) VSS puro	24	31,17%
(1.2) VSS Combinado	53	68,83%
Tipo de Monitoramento		
(2.1) Variável	61	79,22%
(2.2) Atributo	2	2,60%
(2.3) Variável ou Atributo - Geral	14	18,18%
Número de variáveis sob monitoramento		
(3.1) Univariado	65	84,42%
(3.2) Multivariado	12	15,58%
Tipo do gráfico		
(4.1) \bar{X}	29	37,66%
(4.2) R	1	1,30%
(4.3) \bar{X} -R	2	2,60%
(4.4) S	1	1,30%
(4.5) \bar{X} -S	5	6,49%
(4.6) t	1	1,30%
(4.7) CUSUM	5	6,49%
(4.8) EWMA	6	7,79%
(4.9) T^2	9	11,69%
(4.10) VMAX	0	0,00%
(4.11) RMAX	0	0,00%
(4.12) p	0	0,00%
(4.13) np	1	1,30%
(4.14) u	0	0,00%
(4.15) C	0	0,00%
(4.16) AL	1	1,30%
(4.17) Q	1	1,30%
(4.18) X^2	1	1,30%
(4.19) Geral	14	18,18%
Parâmetros do processo		
(5.1) Conhecido	72	93,51%
(5.2) Desconhecido	5	6,49%
Regras de Sinalização		
(6.1) $\pm 3\sigma$	72	93,51%
(6.2) Regras especiais de decisão	5	6,49%
Natureza do processo		
(7.1) Independente	70	90,91%
(7.2) Autocorrelacionado	2	2,60%
(7.3) Não Normalidade	5	6,49%
Tipo de otimização		
(8.1) Análise Econômica	10	12,99%
(8.2) Análise Estatística	64	83,12%
(8.3) Análise Econômica Estatística	3	3,90%
Tipo do modelo matemático das propriedades do gráfico		
(9.1) Cadeia de Markov	55	71,43%
(9.2) Outros	22	28,57%
Tipo de produção		
(10.1) Produção Contínua	75	97,40%
(10.2) Produção por lote	2	2,60%

Fonte: Produção do próprio autor

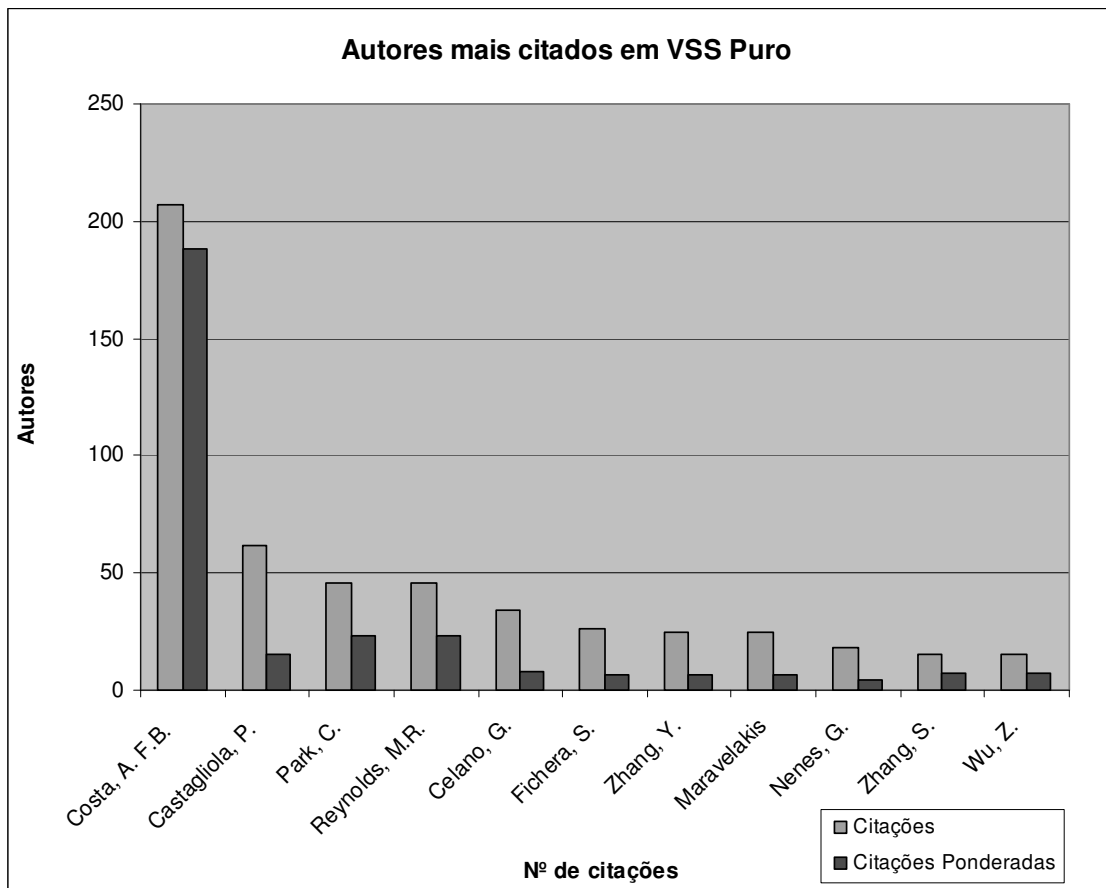
Ao se analisar os critérios de classificação, conforme figura 7, percebe-se que o tipo de VSS mais usado como fonte de pesquisa é o VSS Combinado com 67,53% do total de 77 artigos, o mesmo se atribui ao tipo de monitoramento, variável com 79,22%. Números de variáveis sob monitoramento, univariado 84,42%. Gráfico \bar{X} é o mais estudado, com 37,66%, seguido pelo gráfico T^2 com 11,69%.

Quanto aos parâmetros do processo, o fator conhecido, leva cerca da totalidade com 94,81%. A regra de sinalização mais usada é 3-Sigma com 93,51%. A natureza do processo é definida com independente em sua totalidade, com 90,91%.

A análise estatística, com 83,12%, é a mais estudada em pesquisas deste campo. Assim como o tipo de modelo matemático, cadeia de Markov com 71,43%. E por fim o tipo de produção mais utilizada é a contínua com 97,40%.

Em uma análise mais profunda, tentando buscar os dez mais autores que publicam sobre o assunto; número de documentos publicados; citações sobre VSS; citações ponderadas, que analisa a divisão da autoria com mais autores; total de publicações gerais do autor; h-index, este índice representa o número de artigos que possui um número “h” de publicações maior ou igual ao número de citações; instituição e país, conforme a tabela 1. Em que se vê A.F.B. Costa com maior número de publicações sobre o VSS puro, totalizando mais de 200 citações em estudos individuais e com mais de 150 publicações ponderadas. O mesmo é seguido por P. Castagliola que possui menos de 50 citações em estudos individuais e com mais de 50 publicações ponderadas. Observando também a figura 8.

Figura 8 - Gráfico de autores mais citados em VSS puro



Fonte: Produção do próprio autor

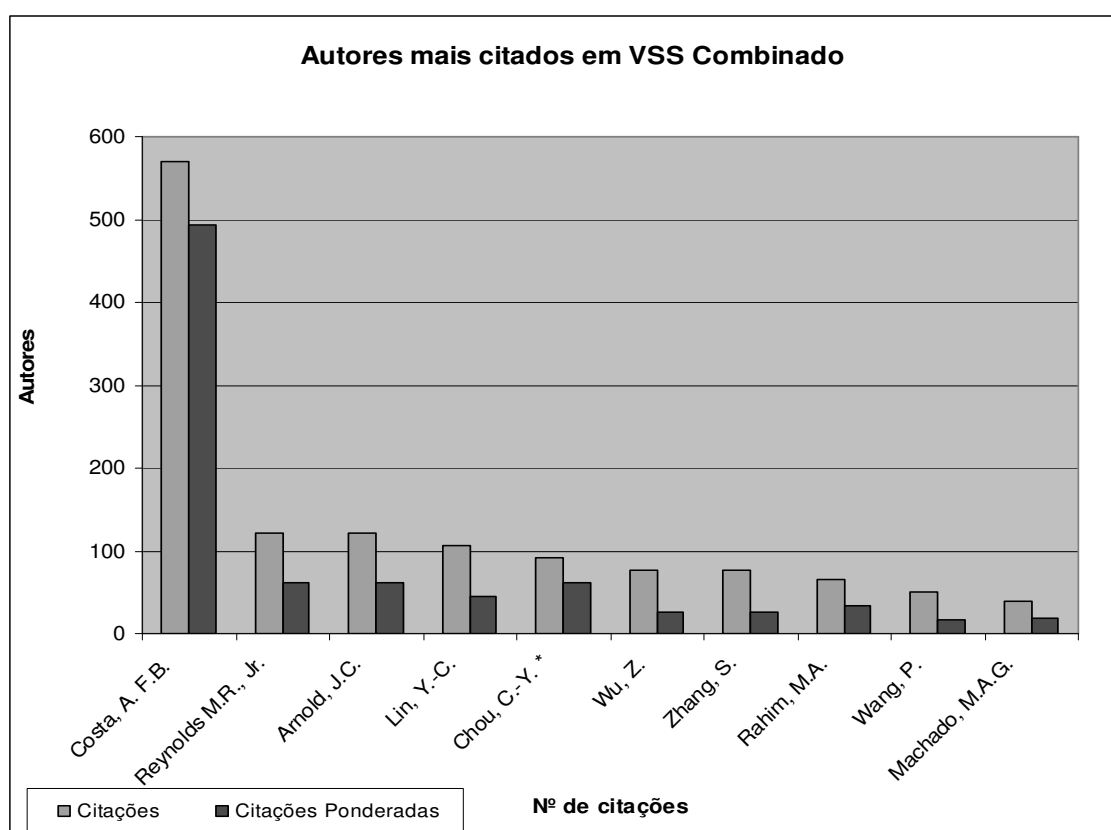
Tabela 1 - Autores mais citados sobre gráficos VSS puro

Rank	Autores	Documentos	Citações sobre VSS	Citações ponderadas	Total de Publicações em todas as áreas	<i>h</i> -index	Instituição	País
1	Costa, A. F.B.	2	207	188,25	1537	24	UNESP-Universidade Estadual Paulista	Brasil
4	Castagliola, P.	7	62	15,2	1488	22	Universite de Nantes	France
2	Park, C.	1	46	23	252	1	Chung-Ang University	South Korea
3	Reynolds, M.R.	1	46	23	3397	35	Virginia Polytechnic Institute and State University	United States
7	Celano, G.	4	34	8,2	741	17	Universita degli Studi di Catania	Italy
8	Fichera, S.	2	26	6,5	543	14	Universita degli Studi di Catania	Italy
5	Zhang, Y.	1	25	6,25	5277	32	Chinese Academy of Sciences	China
6	Maravelakis, P.	1	25	6,25	381	11	Panepistimion Pireos	Greece
9	Nenes, G.	1	18	4,5	365	12	University of Western Macedonia	Greece
10	Zhang, S.	1	15	7,5	192	7	Nanyang Technological University	Singapore
	Wu, Z.	1	15	7,5	2173	25	Nanyang Technological University	Singapore

Fonte: Produção do próprio autor

Percebe-se na tabela 2 e observando a figura 9, que A.F.B. Costa continua se apresentado com maior número de publicações sobre o VSS combinado com mais 500 publicações individuais e quase 500 publicações ponderadas. Agora não mais seguido por P. Castagliola e sim por M. R. Reynolds Jr. que possui mais de 100 citações em estudos individuais e com menos de 100 publicações ponderadas. Vemos que o autor brasileiro A.F.B. Costa apresenta como primeiro no ranking de autores mais citados, tanto com o assunto VSS puro e VSS combinado, aumentando seu destaque no meio acadêmico.

Figura 9 - Gráfico de autores mais citados em VSS combinado



Fonte: Produção do próprio autor

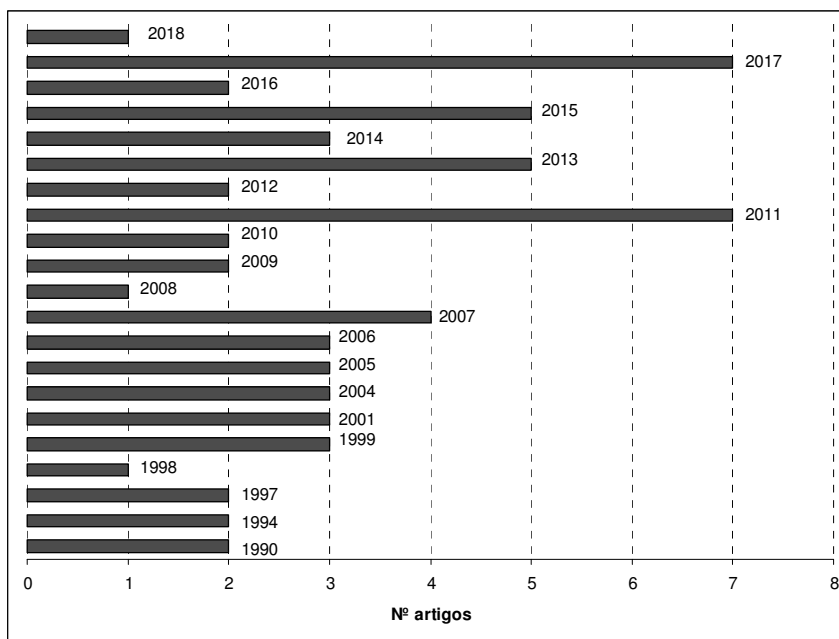
Tabela 2 - Autores mais citados sobre gráficos VSS combinado

Rank	Autores	Doc.	Citações sobre VSS	Citações ponderadas	Total de Publicações em todas as áreas	<i>h</i>-index	Instituição
1	Costa, A. F.B.	8	570	494	1537	24	UNESP-Universidade Estadual Paulista
2	Reynolds M.R., Jr.	2	122	61	3397	35	Virginia Polytechnic Institute and State University
3	Arnold, J.C.	2	122	61	868	8	Virginia Polytechnic Institute and State University
8	Lin, Y.-C.	4	107	45,5	166	8	National Taichung University of Science and Technology
9	Chou, C.-Y.	3	91	61,5	377	3	National Taichung University of Science and Technology
5	Wu, Z.	3	76	25,33	2173	25	Nanyang Technological University
6	Zhang, S.	2	76	25,33	192	7	Nanyang Technological University
4	Rahim, M.A.	1	65	33	1297	22	University of New Brunswick
7	Wang, P.	1	50	16,67	72	2	Nanyang Technological University
10	Machado, M.A.G.	1	39	19,5	253	9	UNESP-Universidade Estadual Paulista

Fonte: Produção do próprio autor

Conforme a figura 10, temos a quantidade de publicação por ano, com base nos Apêndices B e C. Vemos que o ano de 2011 e 2017 foram o que mais houve publicação sobre o assunto gráfico de controle VSS de amostragem, contendo 7 documentos; seguido pelos anos 2013 e 2015 com 5 documentos. Vemos que nos períodos de 1090 a 1997 e 1999 a 2006 houve um momento de estagnação do número de publicações; para os outros anos vemos uma variação 2 a 3 documentos.

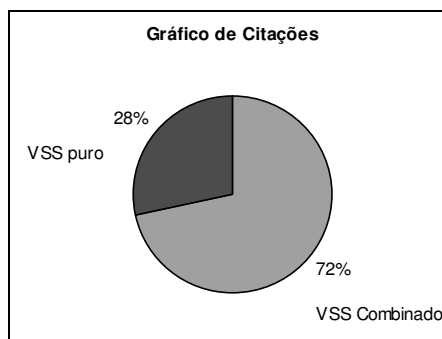
Figura 10 - Quantidade de publicação por ano



Fonte: Produção do próprio autor

No estudo realizado, foi possível perceber que 72% das citações se referem ao VSS combinado e apenas 28% corresponde ao VSS puro, conforme demonstrado na Figura 11.

Figura 11 - Gráfico de citações por tipo de VSS

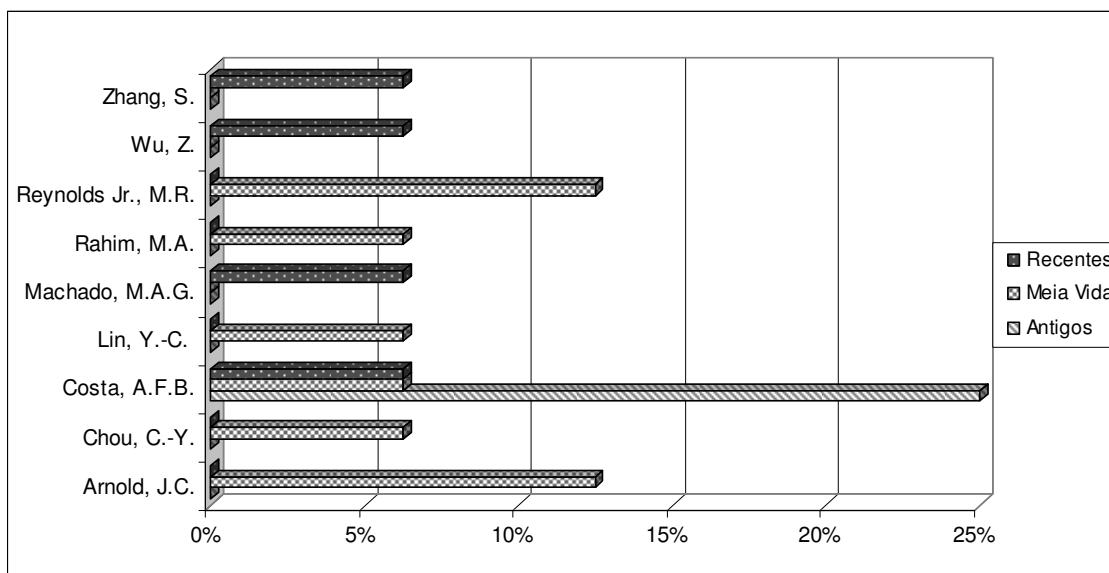


Fonte: Produção do próprio autor

Conforme a figura 12, partindo do estudo do período de 1990 a 2018, pode-se analisar os artigos em antigo, meia vida e recentes, utilizando com base a divisão de cada dez anos. Os artigos antigos refletem o período de 1990 a 1999; os artigos de meia vida, de 2000 a 2009; e os recentes, de 2010 a 2019. Foi utilizado como referência o estudo dos dez autores mais citados em VSS puro e VSS combinado.

Na figura 12 e 13, é possível observar que Costa possui artigos mais antigos em VSS puro e Reynolds e Park em VSS combinado, o que confirma o fato de serem os pioneiros neste assunto. Na figura 12, percebe-se que autores como Reynolds e Arnold possuem maior quantidade de publicações como meia vida.

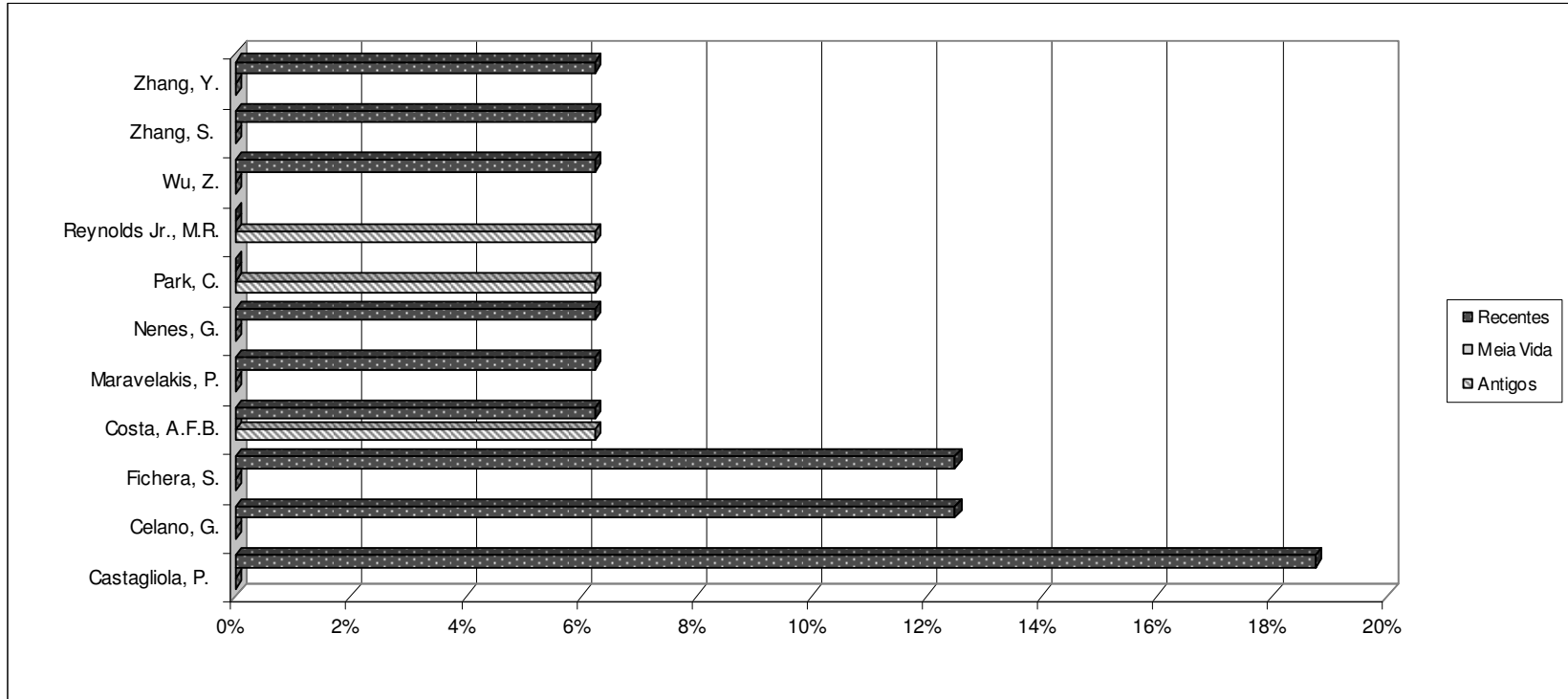
Figura 12 - Análise de vida das pesquisas por autor de VSS puro



Fonte: Produção do próprio autor

Conforme figura 13, observa-se que há autores que possuem publicações mais recentes, destacando-se Castagliosa com um pouco mais de 18%, Celano e Fichera com um pouco mais de 12%, o que mostra um conhecimento formado recente, que busca seu espaço em gráficos de controle adaptativos.

Figura 13 - Análise de vida das pesquisas por autor de VSS combinado



Fonte: Produção do próprio autor

6. CONCLUSÃO

6.1 VERIFICAÇÃO DOS OBJETIVOS E QUESTÃO DE PESQUISA

Sobre a questão de pesquisa levantada, o conhecimento adquirido foi a criação de uma estratificação de dez classes que avaliam o esquema VSS de amostragem, os autores que mais publicaram nesta área e os conhecimentos e os artigos que revelam as técnicas mais estudadas. Quanto às lacunas será apresentada no item 6.3.

Sobre os objetivos previstos, para o geral tem-se a classificação de artigos levantados do período 1980 a 2018 sobre esquemas VSS de amostragem, dando criação a uma database. Quanto aos objetivos: Selecionaram-se os trabalhos sobre esquemas VSS de amostragem na plataforma SCOPUS; destacaram-se os artigos e autores mais citados, dando origem a criação de tabelas informativas; e construiu-se o fluxograma das destinações do esquema VSS por intermédio de uma análise de características do processo e do gráfico (Estratos).

6.2 CONCLUSÕES

Através da análise bibliométrica sobre o tema "tamanho de amostra variável", que é um dos parâmetros que pode variar em gráficos de controle adaptativo, foi possível caracterizar a importância do assunto, que tem crescido em publicações e citações no período de 1980 - 2018. Considerando as áreas de pesquisa apresentadas no estudo, o assunto possui uma abordagem abrangente que envolve a área exata: engenharia, matemática e ciências da decisão.

Os autores que publicaram sobre o assunto e o controle do processo estatístico têm grande relevância na comunidade científica, pois possuem um grande número de publicações, além da quantidade de citações. Portanto, os artigos que foram publicados sobre o assunto têm uma importância acadêmica.

A principal contribuição científica deste trabalho é a apresentação do tema VSS em gráficos de controle adaptativo e sua crescente importância na comunidade científica, com a esperança de encorajar estudos e pesquisas adicionais sobre o assunto. O mesmo é um fator muito importante na contribuição científica, pois, possibilita ao leitor adquirir conhecimento associado às características do processo para quais foi destinado.

6.3 SUGESTÕES PARA PESQUISA FUTURAS

Até este momento, este estudo retrata a única análise bibliométrica para o tema "tamanho de amostra variável" no contexto de gráficos de controle adaptativo.

Sugere-se uma análise aprofundada no futuro de outros estudos sobre VSS em gráficos, tais como: R, np, EWMA, avaliando outros tipos de regras de sinalização, tipos de dados e design que não foram abordados nos estudos mais relevantes, mas tem sua importância no controle estatístico. Uma opção seria aprofundar o estudo de VSS em cadeias de markov.

Outra sugestão seria abrir para outras áreas de estudo, em uma análise bibliométrica dos demais tipos de cartas de controle adaptativo.

REFERÊNCIAS

AMIRI, A.; NEDAIE, A.; ALIKHANI, M. A new adaptive variable sample size approach in EWMA control chart. **Communications in Statistics - Simulation and Computation**, New York, v. 43, n.4, p.804-812, 2014. Disponível em: <<https://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/03610918.2012.718834?needAccess=true>> Acesso em: 20 jun. 2018.

APARISI, F. et al. The variable sample size variable dimension T^2 control chart. **International Journal of Production Research**, London, v. 52, n.2, p. 368-383, 2014. Disponível em: <<https://sci-hub.tw/https://doi.org/10.1080/00207543.2013.826832>>. Acesso em: 20 jun. 2018.

BERTRAND, J. W. M.; FRANSOO J. C. Modelling and simulation operations management research methodologies using quantitative modeling. **International Journal of Operations & Production Management**, Bradford, v. 22, n. 2, p. 241-264, 2002. Disponível em:<<https://sci-hub.tw/10.1108/01443570210414338>>. Acesso em: 20 jun. 2018.

CASTAGLIOLA, P. et al. The variable sample size \bar{X} chart with estimated parameters. **Quality and Reliability Engineering International**, Chichester, v. 28, n.7, p. 687-699, 2012. Disponível em:<<https://sci-hub.tw/10.1002/qre.1261>>. Acesso em: 20 jun. 2018.

CASTAGLIOLA, P. et al. The variable sample size t control chart for monitoring short production runs. **International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, London, v. 66, n. 9-12, p. 652-665, 2013. Disponível em: <<https://sci-hub.tw/10.1007/s00170-012-4413-8>>. Acesso em: 20 jun. 2018.

CASTAGLIOLA, P. et al. Monitoring the coefficient of variation using a variable sample size control chart. **International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, London, v. 80, n. 9-12, p. 1561-1576, 2015. Disponível em: <<https://sci-hub.tw/10.1007/s00170-015-6985-6>>. Acesso em: 20 jun. 2018.

COSTA, A. F. B. \bar{X} charts with variable sample size. **Journal of Quality Technology**, Milwaukee, v. 26, n. 3, p. 155-163, 1994.

COSTA, A. F. B. Joint \bar{X} and R charts with variable sample sizes and sampling intervals. **Journal of Quality Technology**, Milwaukee, v. 31, n. 4, p. 387-397, 1999. Disponível em:<<https://sci-hub.tw/10.1080/00224065.1999.11979945>>. Acesso em: 20 jun. 2018.

FERREIA, G. U. A. **Estudo de testes estatísticos para o vetor de médias em controle de processos multivariados sob amostragem dupla**. 2010. 134 f. Dissertação (Mestrado em Estatística - Ciências Exatas) – Universidade Federal de Minas Gerais, Pampulha, 2010. Disponível em: <<http://www.est.ufmg.br/porta/arquivos/mestrado/dissertacoes/8Graziele.pdf>>. Acesso em: 20 jun. 2018.

HUANG, W. et al. Statistical modal analysis for variation characterization and application in manufacturing quality control. **IIE Transactions**, Norcross, v. 46, n. 5, p. 497-511, 2014. Disponível em: <<https://sci-hub.tw/10.1080/0740817x.2013.814928>>. Acesso em: 20 jun. 2018.

HU, X. et al. The performance of variable sample size \bar{X} Chart with Measurement Errors. **Quality and Reliability Engineering International**, Chichester, v. 32, n. 3, p. 969-983, 2016. Disponível em: <<https://sci-hub.tw/10.1002/qre.1807>>. Acesso em: 20 jun. 2018.

MAHADIK, S. B.; SHIRKE, D. T. A special variable sample size and sampling interval Hotelling's T2 chart. **International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, London, v. 53, n. 1-4, p. 379-384, 2011. Disponível em: <<https://sci-hub.tw/10.1007/s00170-010-2819-8>>. Acesso em: 20 jun. 2018.

NOOROSSANA, R.; SHEKARY, A. M.; DEHESHVAR, A. combined variable sample size, sampling interval, and double sampling (CVSSIDS) adaptive control charts. **Communications in Statistics: theory and methods**, New York, v. 44, n. 6, p. 1255-1269, 2015. Disponível em:<<https://sci-hub.tw/10.1080/03610926.2012.762396>>. Acesso em: 20 jun. 2018.

PRABHU, S. S.; RUNGER, G. C.; KEATS, J. B. X chart with adaptive sample sizes. **International Journal of Production Research**, London, v. 31, n. 12, p. 2895-2909, 1993. Disponível em: <<https://sci-hub.tw/10.1080/00207549308956906>>. Acesso em: 20 jun. 2018.

REYNOLDS, M. R., JR.; AMIN, R. W.; ARNOLD, J. C. AND NACHLAS, J. A. Charts with variable sampling intervals. **Technometrics**, Washington, v. 30, n. 2, p. 181-192, 1988. Disponível em:<<https://sci-hub.tw/10.1080/00401706.1988.10488366>>. Acesso em: 20 jun. 2018.

TRANFIELD, D.; DENYER, D.; SMART, P. Towards a methodology for developing evidence-informed management knowledge by means of systematic review. **British Journal of Management**, Oxford, v. 14, n. 3, p. 207-222, 2003. Disponível em:<<https://sci-hub.tw/10.1111/1467-8551.00375>>. Acesso em: 20 jun. 2018.

ZHUANG, Y. et al. Global remote sensing research trends during 1991-2010: a bibliometric analysis. **Scientometrics**, Amsterdam, v. 96, n. 1, p. 203-219, 2013. Disponível em:<<https://sci-hub.tw/10.1007/s11192-012-0918-z>>. Acesso em: 20 jun. 2018.

ZHOU, W.; LIAN, Z. Optimum design of a new VSS-NP chart with adjusting sampling inspection. **International Journal Production Economics**, Amsterdam, v. 129, n. 1, p. 8-13, 2011. Disponível em: <<https://sci-hub.tw/10.1016/j.ijpe.2010.07.045>>. Acesso em: 20 jun. 2018.

ZHOU, M.; Variable sample size and variable sampling interval shewhart control chart with estimated parameters. **Operation Research International Journal**, Gewerbestrasse, v. 17, n. 1, p. 17-37, 2017. Disponível em: <<https://sci-hub.tw/10.1007/s12351-015-0214-9>>. Acesso em: 20 jun. 2018.

YEONG, W.C. et al. A direct procedure for monitoring the coefficient of variation using a variable sample size scheme. **Communications in statistics: simulation and computation**. New York, v. 46, n. 6, p. 4210-4225, 2017. Disponível em: <<https://sci-hub.tw/10.1080/03610918.2015.1109659>>. Acesso em: 20 jun. 2018.

WU, S. Optimal inspection policy for three-state systems monitored by variable sample size control charts. **International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, London, v. 55, n. 5-8, p. 689-697, 2011. Disponível em: <<https://sci-hub.tw/10.1007/s00170-010-3091-7>>. Acesso em: 20 jun. 2018.

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

COSTA, F. B. C.; EPPRECHT, E. K.; CARPINETTI, L. C. R. **Controle estatístico da qualidade**. 2. ed. São Paulo: Editora Atlas S.A., 2014.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

HILLIER, F. S.; LIEBERMA, G. J. **Introdução à pesquisa operacional**. 8. ed. São Paulo: McGraw-Hill, 2006.

MIGUEL, P.A.C. et al. **Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações**. 2. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012.

MONTGOMERY, D. C. **Introdução ao controle estatístico da qualidade**. 4. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2013.

APENDICE A - Nova tecnologia: Aplicativo de Gráfico de Controle VSS

O Professor Doutor Francisco Aparisi desenvolveu um aplicativo, para aparelhos com andróide, que calcula a medida de tempo até o sinal - NMA (do inglês Average Run Length - ARL) de um gráfico de controle \bar{X} com tamanho de amostra variável (VSS).

Basta entrar no *play store* do celular e procurar pela palavra “Aparisi” e baixar o programa. Ele funciona *off line*.

Além disso, ele realiza uma otimização dos parâmetros (limite de aviso, limites de controle e os dois tamanhos de amostra) para minimizar a NMA fora de controle. Faz uma curva NMA para comparar o desempenho do quadro \bar{X} padrão e o \bar{X} com VSS.

EXEMPLO: Dados fornecidos pelo aplicativo

Amostra n1 = 1

Amostra n2 = 20

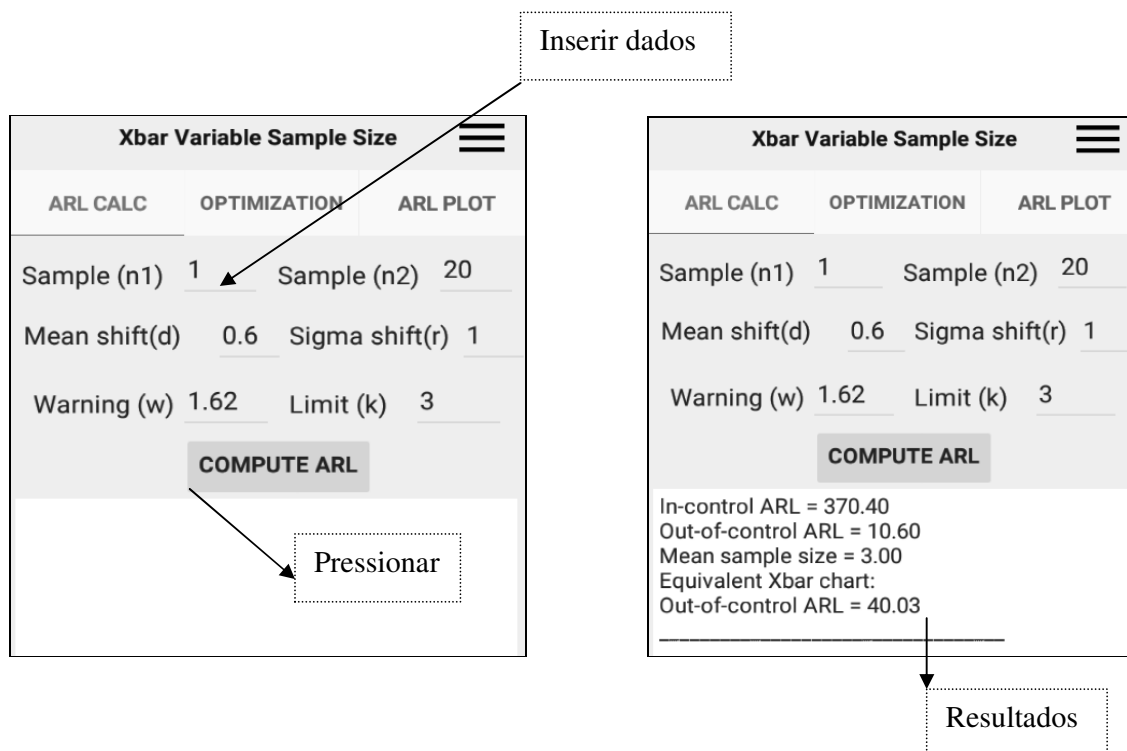
Deslocamento médio (d) = 0.6

Sigma (r) = 1 - *desvio padrão amostral*

Limite de advertência (w) = 1,62

Limite (k) = 3,00

Cálculo do número médio de amostras até um alarme verdadeiro (NMA)



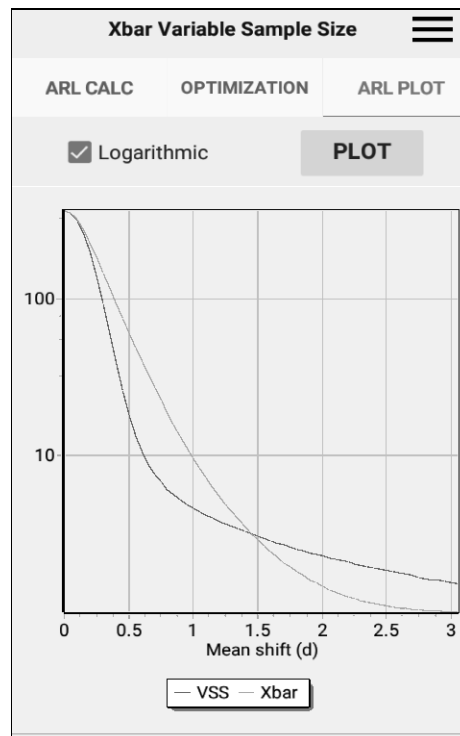
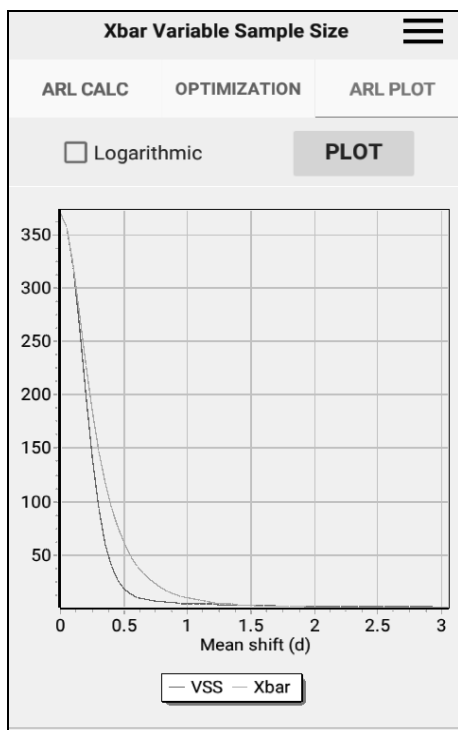
Cálculo de Otimização

Valor máximo de $n_2 = 20$
 n_0 requerido = 3,00
 Deslocamento médio (d) = 0.6
 Sigma (r) = 1
 NMA em controle = 370

Dá os melhores de NMA em controle e fora de controle, comparando com o valor NMA fora do controle do gráfico de X-barra.

Xbar Variable Sample Size			
ARL CALC	OPTIMIZATION	ARL PLOT	
Max value n_2	20	Required n_0	3
Mean shift(d)	0.6	Sigma shift(r)	1
In-control ARL	370		
	100%	OPTIMIZE	
FOUND SOLUTION Warning (w) = 1.62 Limit (k) = 3.00 Sample size (n_1) = 1; Sample size (n_2) = 20 Mean sample size (n_0) = 3.00 Optimum values copied to ARL CALC tab			
ARLs of the optimized chart: In-control ARL = 370.00 out-of-control ARL = 10.60			
Equivalent Xbar chart: Out-of-control ARL = 40.00			

Gráfico do número médio de amostras até um alarme verdadeiro (NMA)



ANEXO A - Planilha de artigos VSS puro

(continua)

nº	Título	Autor	Periódico	ISSN	SJR 2016	Edição	Pág	Ano	Citações	Média de citações por ano	Características									
											C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10
1	\bar{X} charts with variable sample size	Costa, A. F.B.	Journal of Quality Technology	0022-4065	1.098	26 (3)	155-163	1994	182	7,91	VSS	V	U	\bar{X}	C	Sg	I	S	MC	PC
2	Economic design of a variable sample size \bar{X} chart	Park, C., Reynolds, M.R.	Communications in Statistics - Simulation and Computation	0361-0918	0.578	23 (2)	467-483	1994	46	2,00	VSS	V	U	\bar{X}	C	Sg	I	S	MC	PC
3	The variable sample size \bar{X} chart with estimated parameters	Castagliola, P., Zhang, Y., Costa, A., Maravelakis, P.	Quality and Reliability Engineering International	0748-8017	1.048	28 (7)	687-699	2012	25	5,00	VSS	V	U	\bar{X}	D	Sg	I	S	MC	PC
4	The variable sample size t control chart for monitoring short production runs	Castagliola, P., Celano, G., Fichera, S., Nenes, G.	International Journal of Advanced Manufacturing Technology	0268-3768	0.967	66 (9-12)	652-665	2013	18	4,50	VSS	V	U	t	C	Sg	I	S	MC	PL
5	A CUSUM scheme with variable sample sizes for monitoring process shifts	Zhang, S., Wu, Z.	International Journal of Advanced Manufacturing Technology	0268-3768	0.967	33 (9-10)	977-987	2007	15	1,50	VSS	V	U	CUSUM	C	Sg	I	S	MC	PC
6	Economic design of an attribute np control chart using a variable sample size	Kooli, I., Limam, M.	Sequential Analysis	0747-4946	0.322	30 (2)	145-159	2011	13	2,17	VSS	A	U	np	C	Sg	I	E	MC	PC
7	On variable sample size \bar{X} chart for processes with double assignable causes	Sim, S.B., Kang, C.W., Xie, M.	International Journal of Reliability, Quality and Safety Engineering	0218-5393	0.267	11 (1)	47-58	2004	8	0,62	VSS	V	U	\bar{X}	C	Sg	I	S	MC	PC
8	A variable sample size S^2 -EWMA control chart for monitoring the process variance	Castagliola, P., Celano, G., Fichera, S., Nunnari, V.	International Journal of Reliability, Quality and Safety Engineering	0218-5393	0.267	15 (3)	181-201	2008	8	0,89	VSS	V	U	S^2 -EWMA	C	Sg	I	S	MC	PC
9	Controlling-dependent process steps using variable sample size control charts	Yang, S.-F., Su, H.-C.	Applied Stochastic Models in Business and Industry	1524-1904	0.670	22 (5-6)	503-517	2006	7	0,64	VSS	V	U	\bar{X}	C	Sg	I	S	MC	PC
10	Optimal inspection policy for three-state systems monitored by variable sample size control charts	Wu, S.	International Journal of Advanced Manufacturing Technology	0268-3768	0.967	55 (5-8)	689-679	2011	7	1,17	VSS	V ou A	U	Geral	C	Sg	I	E	O	PC
11	Monitoring the coefficient of variation using a variable sample size control chart	Castagliola, P., Achouri, A., Taleb, H., Celano, G., Psarakis, S.	International Journal of Advanced Manufacturing Technology	0268-3768	0.967	80	1561-1576	2015	6	3,00	VSS	V ou A	U	Geral	C	Sg	I	S	MC	PC

ANEXO A - Planilha de artigos VSS puro

(continuação)

12	A new adaptive variable sample size approach in EWMA control chart	Amiri, A., Nedaie, A., Alikhani, M.	Communications in Statistics: Simulation and Computation	0361-0918	0.578	43	804-812	2014	3	1,00	VSS	V	U	EWMA	C	Sg	I	S	O	PC
13	The variable sample size variable dimension T ² control chart	Aparisi, F., Epprecht, E., Carrión, A., Ruiz, O.	International Journal of Production Research	0020-7543	1.463	52	368-383	2014	3	1,00	VSS	V	M	T ²	D	Sg	I	S	MC	PC
14	The Performance of Variable Sample Size \bar{X} Chart with Measurement Errors	Hu, X., Castagliola, P., Sun, J., Khoo, M.B.C.	Quality and Reliability Engineering International	0748-8017	1.048	32	969-983	2016	3	3,00	VSS	V	U	\bar{X}	C	Sg	I	S	MC	PC
15	Monitoring the coefficient of variation using a variable sample size control chart in short production runs	Amdouni, A., Castagliola, P., Taleb, H., Celano, G.	International Journal of Advanced Manufacturing Technology	0268-3768	0.967	81	-	2015	2	1,00	VSS	V	U	\bar{X} -S	C	Sg	I	S	MC	PL
16	CUSUM procedures with probability control limits for monitoring processes with variable sample sizes	Huang, W., Shu, L., Woodall, W.H., Tsui, K.-L.	IIE Transactions (Institute of Industrial Engineers)	0740-817X	-	48	759-771	2016	1	1,00	VSS	V	U	CUSUM	C	Sg	I	S	O	PC
17	Monitoring simple linear profiles using variable sample size schemes	Kazemzadeh, R.B., Amiri, A., Kouhestani, B.	Journal of Statistical Computation and Simulation	0094-9655	0.733	86	2923-2945	2016	1	1,00	VSS	V	M	EWMA	C	Sg	I	S	O	PC
18	Computer program for the \bar{x} and s control chart with variable sample size	Nicolae, E.	Proceedings of the 1st International Conference on Manufacturing Engineering, Quality and Production Systems, MEQAPS	-	-	2	341-344	2009	0	0,00	VSS	V	U	\bar{X} -S	C	Sg	I	S	MC	PC
19	Economic design of phase 2 simple linear profiles with variable sample size	Ershadi, M.J., Noorossana, R., Niaki, S.T.A.	International Journal of Productivity and Quality Management	1746-6474	0.380	18	518-536	2016	0	0,00	VSS	VouA	U	Gerai	C	Sg	I	E	O	PC

ANEXO A - Planilha de artigos VSS puro

(conclusão)

20	Variable sample size control chart for monitoring process capability index	Wang, D.-S., Yang, H.-Y., Koo, T.-Y.	Proceedings - 22nd ISSAT International Conference on Reliability and Quality in Design	-	-	-	94-98	2016	0	0,00	VSS	V ou A	U	Geral	C	Sg	I	S	O	PC
21	A new variable sample size control chart using MDS sampling	Aslam, M., Arif, O.H., Jun, C.-H.	Journal of Statistical Computation and Simulation	0094-9655	0.733	86	3610-3628	2016	0	0,00	VSS	V ou A	M	Geral	C	Sg	I	S	O	PC
22	Optimal Designs of the Variable Sample Size X ² Chart Based on Median Run Length and Expected Median Run Length	Teoh, W.L., Chong, J.K., Khoo, M.B.C., Castagliola, P., Yeong, W.C.	Quality and Reliability Engineering International	1684-3703	0.879	33	121-134	2017	0	0,00	VSS	V	U	X	C	Sg	I	S	MC	PC
23	Optimal statistical design of variable sample size multivariate exponentially weighted moving average control chart based on median run-length	Nyau, S.Y., Lee, M.H., Wong, M.L.D.	Quality Technology and Quantitative Management	1684-3703	0.879	-	001-18	2017	0	0,00	VSS	V	M	E W M A	C	Sg	I	S	MC	PC
24	A direct procedure for monitoring the coefficient of variation using a variable sample size scheme	Yeong, W.C., Khoo, M.B.C., Lim, S.L., Lee, M.H.	Communications in Statistics: Simulation and Computation	0361-0918	0.578	46	4210-4225	2017	0	0,00	VSS	V	U	X-S	C	Sg	I	S	MC	PC
SJR = SCImago Journal Rank é ponderado pelo prestígio de uma revista. Assunto, campo, qualidade e reputação da revista tem um efeito direto sobre o valor de uma citação																				
ISSN (International Standard Serial Number), sigla em inglês para Número Internacional Normalizado para Publicações Seriadas																				

Fonte: Produção do próprio autor.

ANEXO B - Planilha de artigos VSS combinado

(continua)

nº	Título	Autor	Periódico	ISSN	SJR 2016	Edição	Pág	Ano	Citações	Média de citações por ano	Características									
											C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10
1	\bar{X} chart with variable sample size and sampling intervals	Costa, A.F.B.	Journal of Quality Technology	0022-4065	1.098	29 (2)	197-204	1997	151	7,55	VSSI	V	U	\bar{X}	C	Sg	I	S	MC	PC
2	\bar{X} Charts with Variable Parameters	Costa, A.F.B.	Journal of Quality Technology	0022-4065	1.098	31 (4)	408-416	1999	113	6,28	VP	V	U	\bar{X}	C	Sg	I	S	MC	PC
3	Joint \bar{X} and R Charts with Variable Sample Sizes and Sampling Intervals	Costa, A.F.B.	Journal of Quality Technology	0022-4065	1.098	31 (4)	387-397	1999	86	4,78	VSSI	V	U	\bar{X} -R	C	Sg	I	S	MC	PC
4	Joint \bar{X} and R charts with variable parameters	Costa, A.F.B.	IIE Transactions (Institute of Industrial Engineers)	0740-817X	-	30 (6)	505-514	1998	72	3,79	VP	V	U	\bar{X} -R	C	Sg	I	S	MC	PC
5	EWMA control charts with variable sample sizes and variable sampling intervals	Reynolds M.R., Jr., Arnold, J.C.	IIE Transactions (Institute of Industrial Engineers)	0740-817X	-	33 (6)	511-530	2001	70	4,38	VSSI	V	U	EWMA	C	Sg	I	S	MC	PC
6	Economic design of \bar{X} charts with variable parameters: The Markov chain approach	Costa, A.F.B., Rahim, M.A.	Journal of Applied Statistics	0266-4763	0.402	28 (7)	875-885	2001	65	4,06	VP	V	U	\bar{X}	C	Sg	I	E	MC	PC
7	CUSUM control charts with variable sample sizes and sampling intervals	Arnold, J.C., Reynolds Jr., M.R.	Journal of Quality Technology	0022-4065	1.098	33 (1)	66-81	2001	52	3,25	VSSI	V	U	CUSUM	C	Sg	I	S	MC	PC
8	A CUSUM scheme with variable sample sizes and sampling intervals for monitoring the process mean and variance	Wu, Z., Zhang, S., Wang, P.	Quality and Reliability Engineering International	0748-8017	1.048	23 (2)	157-170	2007	50	5,00	VSSI	V	U	CUSUM	C	Sg	I	S	MC	PC
9	On the design of variable sample size and sampling intervals \bar{X} charts under non-normality	Lin, Y.-C., Chou, C.-Y.	International Journal of Production Economics	0925-5273	2.216	96 (2)	249-261	2005	47	3,92	VSSI	V	U	\bar{X}	C	Sg	N	S	MC	PC
10	Variable parameter and double sampling \bar{X} charts in the presence of correlation: The Markov chain approach	Costa, A.F.B., Machado, M.A.G.	International Journal of Production Economics	0925-5273	2.216	130 (2)	224-229	2011	39	6,50	VP	V	U	\bar{X}	C	Sg	I	S	MC	PC
11	Non-normality and the variable parameters over \bar{X} control charts	Lin, Y.-C., Chou, C.-Y.	European Journal of Operational Research	0377-2217	2.505	176 (1)	361-373	2007	36	3,60	VP	V	U	\bar{X}	C	Sg	NN	S	MC	PC

ANEXO B - Planilha de artigos VSS combinado

(continuação)

12	Statistical design of variable sample size and sampling interval \bar{X} control charts with run rules	Celano, G., Costa, A., Fichera, S.	International Journal of Advanced Manufacturing Technology	0268-3768	0.967	28 (9)	966-977	2006	36	3,27	VSSI	V	U	\bar{X}	C	RE	I	S	MC	PC
13	Cusum-schemes with variable sampling intervals and sample sizes	Rendtel, U.	Statistical Papers	0932-5026	1.099	31 (1)	103-118	1990	31	1,15	VSSI	A	U	CUSUM	C	Sg	I	S	MC	PC
14	Adjusted-loss-function charts with variable sample sizes and sampling intervals	Wu, Z., Tian, Y., Zhang, S.	Journal of Applied Statistics	0266-4763	0.402	32 (3)	221-242	2005	26	2,17	VSSI	V	U	AL	C	Sg	I	S	O	PC
15	Adaptive R charts with variable parameters	Lee, P.-H.	Computational Statistics and Data Analysis	0167-9473	1.470	55 (5)	2003-2010	2011	20	3,33	VP	V	U	R	C	Sg	I	S	MC	PC
16	Hotelling's T ² charts with variable sample size and control limit	Chen, Y.-K., Hsieh, K.-L.	European Journal of Operational Research	0377-2217	2.505	182 (3)	1251-1262	2007	18	1,80	VSSCL	V	M	T ²	C	Sg	I	S	O	PC
17	The variable parameters \bar{X} control charts for monitoring autocorrelated processes	Lin, Y.-C.	Communications in Statistics: Simulation and Computation	0361-0918	0.578	38 (4)	729-749	2009	16	2,00	VP	V	U	\bar{X}	C	Sg	A	S	O	PC
18	A special variable sample size and sampling interval Hotelling's T ² chart	Mahadik, S.B., Shirke, D.T.	International Journal of Advanced Manufacturing Technology	0268-3768	0.967	53 (1-4)	379-384	2011	11	1,83	VSSI	V	M	T ²	C	Sg	I	S	MC	PC
19	A modified economic-statistical design of the T ² control chart with variable sample sizes and control limits	Seif, A., Faraz, A., Heuchenne, C., Saniga, E., Moghadam, M.B.	Journal of Applied Statistics	0266-4763	0.402	38 (11)	2459-2469	2011	10	1,67	VSSCL	V	M	T ²	C	Sg	I	ES	O	PC
20	Economic design of the variable parameters \bar{X} control chart with a corrected A&L switching rule	Guo, Z.-F., Cheng, L.-S., Lu, Z.-D.	Quality and Reliability Engineering International	0748-8017	1.048	30 (2)	235-246	2014	9	3,00	VP	V	U	\bar{X}	C	RE	I	EM	MC	PC
21	A modified variable sample size and sampling interval control chart	Noorossana, R., Deheshvari, A., Shekary A, M.	International Journal of Advanced Manufacturing Technology	0268-3768	0.967	84 (5-8)	1303-1312	2016	9	9,00	VSSI	V	U	\bar{X}	C	Sg	I	S	MC	PC
22	Economic design of variable parameters \bar{X} control charts for processes with fuzzy mean shifts	Chen, Y.-K., Chang, H.-H.	Journal of the Operational Research Society	0160-5682	1.004	59 (8)	1128-1135	2008	8	0,89	VP	V	U	\bar{X}	C	Sg	I	E	O	PC
23	AATS for the \bar{X} Chart with Variable Parameters	Costa, A.F.B.	Journal of Quality Technology	0022-4065	1.098	31 (4)	455-458	1999	8	0,44	VP	V	U	\bar{X}	C	Sg	I	S	MC	PC

ANEXO B - Planilha de artigos VSS combinado

(continuação)

24	Robustness of the variable sample size and control limit \bar{X} chart to non normality	Lin, Y.-C., Chou, C.-Y.	Communications in Statistics - Theory and Methods	0361-0926	0.490	34 (3)	721-743	2005	8	0,67	VSSCL	V	U	\bar{X}	C	Sg	NN	S	O	PC
25	A variable parameter Shewhart control scheme for joint monitoring of process mean and variance	Tasias, K.A., Nenes, G.	Computers and Industrial Engineering	0360-8352	1.542	63 (4)	1154-1170	2014	7	2,33	VP	V	U	\bar{X} -S	C	Sg	I	S	MC	PC
26	Monitoring two dependent process steps using special variable sample sizes and sampling intervals cause-selecting control charts	Noorossan, R., Maryam, S.A.	Quality and Reliability Engineering International	0748-8017	1.048	28 (4)	437-453	2012	5	1,00	VSSI	V ou A	U	Genral	C	Sg	I	S	MC	PC
27	Variable sample size and sampling interval \bar{X} charts with runs rules for switching between sample sizes and sampling interval lengths	Mahadik, S.B.	Quality and Reliability Engineering International	0748-8017	1.048	29 (1)	63-76	2013	5	1,25	VSSI	V	U	\bar{X}	C	RE	I	S	O	PC
28	A special variable sample size and sampling interval \bar{X} chart	Mahadik, S.B., Shirke, D.T.	Communications in Statistics - Theory and Methods	0361-0926	0.490	38	1284-1299	2009	5	0,63	VSSI	V	U	\bar{X}	C	Sg	I	S	MC	PC
29	On the advantages of economically designed variable sample sizes and sampling intervals T^2 control chart: Double warning lines scheme	Faraz, A., Kazemzadeh, R.B., Moghadam, M.B., Parsian, A.	Quality and Quantity	0033-5177	0.382	46 (4)	1323-1336	2012	4	0,80	VSSI	V	M	T^2	C	Sg	I	E	MC	PC
30	Statistical-economic design for variable parameters control chart in the presence of autocorrelation	Niebles, R.P., Oviedo-Trespalacios, O., Ramírez, K., Morón, M.	RIAI - Revista Iberoamericana de Automatica e Informatica Industrial	1697-7912	0.269	11 (2)	247-255	2014	3	1,00	VP	V ou A	U	Genral	C	Sg	A	ES	MC	PC
31	On the advantages of economically designed the Hotelling's T^2 control chart with variable sample sizes and sampling intervals	Faraz, A., Kazemzadeh, R.B., Parsian, A., Moghadam, M.B.	Quality and Quantity	0033-5177	0.382	46 (1)	39-53	2012	3	0,60	VSSI	V	M	T^2	C	Sg	I	E	MC	PC
32	\bar{X} charts with variable sample size, sampling interval, and warning limits	Mahadik, S.B.	Quality and Reliability Engineering International	0748-8017	1.048	29 (4)	535-544	2013	3	0,75	VP	V	U	\bar{X}	C	Sg	I	S	MC	PC

ANEXO B - Planilha de artigos VSS combinado

(continuação)

33	Economic design of x-bar control chart with variable sample size and sampling interval under non-normality assumption: A genetic algorithm	Niaki, S.T.A., Gazaneh, F.M., Karimifar, J.	Economic Computation and Economic Cybernetics Studies and Research	0585-7511	0.177	5	-	2012	2	0,40	VSSI	V	U	\bar{X}	C	Sg	NN	MC	PC	
34	Optimal variable sample size and sampling interval 'mean squared error' chart	Yang, C.-C., Yang, S.-F.	Service Industries Journal	0264-2069	0.599	33 (6)	652-665	2013	2	0,50	VSSI	V ou A	U	Gen	C	Sg	I	S	MC	PC
35	Combined Variable Sample Size, Sampling Interval, and Double Sampling (CVSSIDS) adaptive control charts	Noorossana, R., Shekary, A.M., Deheshvar, A.	Communications in Statistics - Theory and Methods	0361-0926	0.490	44 (6)	1255-1269	2015	2	1,00	CVSSIDS	V ou A	U	Gen	C	Sg	I	S	MC	PC
36	Economic-statistical design of variable parameters non-central chi-square control chart	de Magalhães, M.S., Neto, F.D.M.	Produção	0103-6513	0.197	21 (2)	259-270	2011	1	0,17	VP	V	U	X^2	C	Sg	I	ES	MC	PC
37	Variable sample size and sampling interval hotelling's T2 charts with runs rules for switching between sample sizes and sampling interval lengths	Mahadik, S.B.	International Journal of Reliability, Quality and Safety Engineering	0218-5393	0.267	20 (4)	-	2013	1	0,25	VSSI	V	M	T^2	C	RE	I	S	O	PC
38	Optimal designs of the variable sample size and sampling interval \bar{X} chart when process parameters are estimated	Lim, S.L., Khoo, M.B.C., Teoh, W.L., Xie, M.	International Journal of Production Economics	0925-5273	2.216	166	20-35	2015	1	0,50	VSSI	V	U	\bar{X}	D	Sg	I	S	MC	PC
39	Economic design of variable-parameter \bar{X} Shewhart control chart used to monitor continuous production	Wang, R.-F., Fu, X., Yuan, J.-C., Dong, Z.-Y.	Quality Technology and Quantitative Management	1684-3703	0.879	15 (1)	106-124	2018	0	0,00	VP	V	U	\bar{X}	C	Sg	I	E	MC	PC
40	Monitoring the coefficient of variation using a variable parameters chart	Yeong, W.C., Lim, S.L., Khoo, M.B.C., Castagliola P.	Quality Engineering	0898-2112	0.986	-	001-24	2017	0	0,00	VP	V	U	EWMA	C	Sg	I	S	MC	PC

ANEXO B - Planilha de artigos VSS combinado

(continuação)

41	Variable sample size and variable sampling interval Shewhart control chart with estimated parameters	Zhou, M.	Operational Research	1109-2858	0.406	17 (1)	17-37	2017	0	0,00	VSSI	V	U	\bar{X}	D	Sg	I	S	O	PC
42	Non-normality and the fuzzy theory for variable parameters \bar{X} control charts	Panthong, C., Pongpulp-onsak, A.	Thai Journal of Mathematics	1686-0209	0.229	14 (1)	203-213	2016	0	0,00	VP	V	U	\bar{X}	C	Sg	NN	S	O	PC
43	The variable parameters T^2 chart with run rules	Faraz, A., Celano, G., Saniga, E., Heuchenne, C., Fichera, S.	Statistical Papers	0932-5026	1.099	55 (4)	933-950	2013	0	0,00	VP	V	M	T^2	C	RE	I	S	MC	PC
44	Adaptive control charts with variable parameters for DOE-based APC	Pan, E.-S., Ye, L., Xi, L.-F.	Lecture Notes in Engineering and Computer Science	-	-	2	2061-2066	2007	0	0,00	VP	V ou A	U	Geral	C	Sg	I	S	O	PC
45	Adaptive control chart with variable control lines based on robust parameter control methodology	Ye, L., Pan, E.-S., Xi, L.-F.	Computer Integrated Manufacturing Systems	1006-5911	0.289	13 (4)	817-821	2007	0	0,00	VP	V	U	\bar{X} -S	C	Sg	I	S	O	PC
46	Study on variable sample size and sampling intervals q control chart	Guo, Y., Zhao, Q., Ma, C., Li, Z.	38th International Conference on Computers and Industrial Engineering	-	-	1	332-337	2008	0	0,00	VSSI	V	U	Q	C	Sg	I	S	MC	PC
47	Optimal variable sample size and sampling interval MSE chart	Yang, S.-F., Yang, C.-C.	8th International Conference on Service Systems and Service Management - Proceedings of ICSSSM'11	-	-	-	-	2011	0	0,00	VSSI	V ou A	U	Geral	C	Sg	I	S	MC	PC
48	Optimal variable sample size and sampling interval MSE chart based on improved square root transformation	Cheng, Y.-T., Yang, C.-C., Wu, S.-C.	Communications in Statistics: Simulation and Computation	0361-0918	0.578	42 (3)	534-551	2013	0	0,00	VSSI	V ou A	U	Geral	C	Sg	I	S	O	PC
49	Variable sample size and sampling intervals with fixed times hotelling's T^2 chart	Lee, M.H.	International Journal of Industrial Engineering : Theory Applications and Practice	1072-4761	0.289	20 (3-4)	309-316	2013	0	0,00	VSSI	V	M	T^2	C	Sg	I	S	MC	PC
50	Monitoring the coefficient of variation using a variable sample size and sampling interval control chart	Khaw, K.W., Khoo, M.B.C., Yeong, W.C., Wu, Z.	Communications in Statistics: Simulation and Computation	0361-0918	0.578	46 (7)	001-23	2017	0	0,00	VSSI	V	U	EWMA	C	Sg	I	S	MC	PC

ANEXO B - Planilha de artigos VSS combinado

(conclusão)

51	Three-level control charts with variable sample size, sampling interval, and control limits	Pourtaheri, R.	Communications in Statistics - Theory and Methods	0361-0926	0.490	46 (4)	1927-1940	2017	0	0,00	VP	V ou A	U	Geral	C	Sg	I	S	O	PC
52	Variable sample size and variable sampling interval Shewhart control chart with estimated parameters	Zhou, M.	Operational Research	1109-2858	0.406	17 (1)	17-37	2017	0	0,00	VSSI	V	U	Ā	D	Sg	I	S	O	PC
53	Double sampling [S] control chart with variable sample size and variable sampling interval	Lee, M.H., Khoo, M.B.C.	Communications in Statistics: Simulation and Computation	0361-0918	0.578	-	001-14	2017	0	0,00	DSVSSI	V	M	S	C	Sg	I	S	MC	PC

SJR = SCImago Journal Rank é ponderado pelo prestígio de uma revista. Assunto, campo, qualidade e reputação da revista tem um efeito direto sobre o valor de uma citação

ISSN (International Standard Serial Number), sigla em inglês para Número Internacional Normalizado para Publicações Seriadas,

Fonte: Produção do próprio autor.