

CENTRO UNIVERSITÁRIO DOUTORLEÃO SAMPAIO
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ADMINISTRAÇÃO

DÁLET EVELYN PEREIRA XAVIER

**APLICAÇÃO DE PLANEJAMENTO EXPERIMENTAL A PARTIR DO
EVOLUTIONARY OPERATION (EVOP) – UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DA
LITERATURA**

Juazeiro do Norte-CE
2019

DÁLET EVELYN PEREIRA XAVIER

**APLICAÇÃO DE PLANEJAMENTO EXPERIMENTAL A PARTIR DO
EVOLUTIONARY OPERATION (EVOP) – UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DA
LITERATURA**

Trabalho de Conclusão de Curso – *Artigo Científico*, apresentado à Coordenação do Curso de Graduação em Administração do Centro Universitário Doutor Leão Sampaio, em cumprimento às exigências para a obtenção do grau de Bacharel.

Orientador: Professor Me José Eduardo de Carvalho Lima

Juazeiro do Norte-CE
2019

**APLICAÇÃO DE PLANEJAMENTO EXPERIMENTAL A PARTIR DO
EVOLUTIONARY OPERATION (EVOP) – UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DA
LITERATURA**

Este exemplar corresponde à redação final aprovada do
Trabalho de Conclusão de Curso de DÁLET EVELYN
PEREIRA XAVIER

Data da Apresentação ____/____/____

BANCA EXAMINADORA

Assinatura: _____
Orientador (Me JOSÉ EDUARDO DE CARVALHO LIMA)

Assinatura: _____
Membro: (Esp ALYNE LEITE DE OLIVEIRA/ UNILEÃO)

Assinatura: _____
Membro: (Esp ANTÔNIO RANIEL SILVA LIMA/UNILEÃO)

APLICAÇÃO DE PLANEJAMENTO EXPERIMENTAL A PARTIR DO EVOLUTIONARY OPERATION (EVOP) – UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA

Dálet Evelyn Pereira Xavier¹
José Eduardo de Carvalho Lima²

RESUMO

O *Evolutionary Operation* (EVOP) é um método de controle estatístico de processos aplicado ao setor de manufatura que proporciona um ganho na qualidade da produção e um melhor controle do processo produtivo. Através dele é possível encontrar uma condição ótima de operação, contribuindo para que haja redução de custos nas empresas. Este estudo foi realizado através de uma revisão sistemática da literatura, onde foi encontrada uma série de documentos que apontaram o quanto o EVOP tem sido utilizado pelas organizações do setor de manufatura, tendo como exemplo, empresas de alimentos, alumínio, produção de concreto entre outros ramos. O objetivo deste trabalho foi realizar a quantificação de dados de pesquisas já realizadas a cerca dessa temática, proporcionando uma integração desses estudos, produzidos em épocas diferentes para encontrar pontos comuns e divergentes abordados pelos pesquisadores. Os dados dessa pesquisa foram gerados a partir do *software* Iramuteq através de uma análise léxica dos trabalhos que permaneceram após a aplicação dos critérios de exclusão. A análise mostrou que o EVOP foi abordado sobre quatro pontos de vista distintos, por parte dos gestores, que foram: melhoria contínua, contextos e aplicações de ferramentas de planejamento experimental, gestão da qualidade e por fim o estudo de processos de produção, e mostrou também que a ferramenta é pouco utilizada mesmo mostrando resultados satisfatórios nas empresas onde foi aplicada.

Palavras-chave: Evolutionary Operation. EVOP. IRAMUTEQ.

ABSTRACT

Evolutionary Operation (EVOP) is a statistical process control method applied to the manufacturing sector that provides improved production quality and better control of the production process. Through it is possible to find an optimal operating condition, contributing to the reduction of costs in companies. This study was conducted through a systematic literature review, which found a series of documents that pointed out how much EVOP has been used by organizations in the manufacturing sector, such as food companies, aluminum, concrete production among others branches. The objective of this work was to quantify data from research already conducted on this theme, providing an integration of these studies, produced at different times to find common and divergent points addressed by the researchers. The data from this research were generated from Iramuteq software through a lexical analysis of the works that remained after applying the exclusion criteria. The analysis showed that EVOP was approached from four different points of view by the managers, which were: continuous improvement, contexts and applications of experimental planning tools, quality management and finally the study of production processes, and showed also that the tool is little used even showing satisfactory results in the companies where it was applied.

¹ Graduanda do curso Administração no Centro Universitário Doutor Leão Sampaio - UniLeão localizado na cidade de Juazeiro do Norte – Ceará. daletevelyn12@gmail.com.

² Professor do Centro Universitário Doutor Leão Sampaio/UNILEÃO, Mestre em Economia do Setor Público- joseeduardo@leaosampaio.edu.br.

Keywords: Evolutionary Operation. EVOP. IRAMUTEQ.

1 INTRODUÇÃO

O setor de produção é responsável pela transformação das matérias primas em produtos semiacabados e acabados. A compreensão desse processo é vital para as organizações, pois é através dele que os bens e serviços serão elaborados para que possam ser direcionados ao consumidor final, e assim tragam retorno para a empresa. (LOBO; SILVA, 2014). As empresas precisam planejar e controlar detalhadamente o seu processo produtivo, de modo que nenhuma atividade seja realizada ao acaso ou fora dos padrões para assim evitar falhas que podem acarretar prejuízo para as organizações (SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2010; REID; SANDERS, 2015). Assim, o Planejamento e Controle da Produção (PCP) serve para planejar e controlar as atividades produtivas em relação à mão de obra, maquinário, matérias primas e quaisquer outros fatores que afetem a chegada do produto ao cliente já que a eficiência da produção tem impacto direto nos ganhos de toda organização, que poderá ter mais visibilidade frente um mercado cada vez mais competitivo (TUBINO, 2017).

O processo de tentativa e erro continua sendo a primeira abordagem para solucionar problemas e desenvolver novos produtos. No entanto, essa técnica é ineficiente em comparação com metodologias estruturadas baseadas em estatísticas para coletar e interpretar dados (MONTGOMERY, 2017). A utilização de planejamentos experimentais ou *Design of experiments* (DOE) pode potencializar os resultados das organizações empresariais (PUKELSHEIM, 2006). Barros Neto, Scarminio e Bruns (2010) afirmam que utilizar essa estratégia consiste em estudar todas as variáveis que ocorrem em um processo de produção investigando os efeitos de cada uma delas sobre os resultados, minimizando o trabalho e melhorando a qualidade do produto final, e por fim, aprimorando os resultados da organização, tornando-a mais competitiva no mercado. Box (1957) desenvolveu um novo modelo de planejamento experimental, com o objetivo de propor um método de constante melhoria por meio de operação evolutiva que oferecesse vantagem as organizações. (BOX; DRAPER, 1969).

George Box afirmava que o processo produtivo deve ser executado de forma a produzir o produto e também as informações necessárias para melhorá-lo, e que muito esforço era direcionado apenas para a descoberta de novos produtos e processos, deixando de lado o seu aperfeiçoamento (SOBRINHO, 2002). O método utiliza ideias estatísticas simples, sem

atrapalhar a rotina de trabalho, visando obter esses dados para melhoria e obtenção de lucros sem nenhum custo adicional por atraso na produção. Essa ferramenta é o *Evolutionary Operation* (EVOP).

Montalvão (1978) afirma que o EVOP pode ser extremamente útil em indústrias químicas, bem como em outros tipos de atividades industriais, por exemplo, em indústrias de alimentos, plásticos e etc. Sobrinho (2002) ressalta a vantagem na utilização do EVOP (modelo de planejamento experimental) tendo em vista sua eficiência associada ao baixo custo de implementação, isso porque o EVOP é um método de controle estatístico de processos que utiliza técnicas simples, porém bastante eficientes, que consiste em alterar as variáveis de um processo em andamento ainda na sua base, fazendo com que possam ser alteradas sem perda de tempo, e sem custos adicionais à produção.

A relevância desse trabalho pode ser percebida pelo fato de que o EVOP é uma técnica de melhoria contínua de processos simples e eficiente, porém subutilizada, sobretudo no Brasil conforme afirmação de Hare (2015). A realização de uma revisão sistemática da literatura a respeito desse tema possibilita uma grande contribuição para a comunidade científica, e também especificamente para o setor de manufatura, pois fará um levantamento de dados acerca do tema e elenca os resultados (contribuições) que a sua utilização traz para as organizações mediante o estudo de trabalhos publicados ao longo da história, evidenciando as possibilidades de aplicação e ressaltando possíveis deficiências encontradas pelos gestores. (SOBRINHO, 2002; SAMPAIO, 2007).

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 PLANEJAMENTO E CONTROLE DE PRODUÇÃO

O Planejamento e Controle da Produção (PCP) trata da determinação e solução das tarefas referentes à produção, levando em consideração os principais fatores produtivos (recursos, operações, condições e objetivos) e também controlando a execução das decisões. Essa interpretação inclui o planejamento e a efetivação da produção (BIKFALVI; ERDÉLYI; TÓTH, 2010). O sistema de PCP desempenha um papel muito importante na operação da empresa (XIA; LI, 2008).

A integração da tecnologia no setor de manufatura e um ambiente de transformações no mundo frente a um cenário de globalização modificaram muito a forma dos gestores cuidarem das operações das empresas (SOUZA E SILVA, 2017). Müller (1996) afirma que

quase todo o conhecimento relacionado ao setor foi obtido nas três décadas anteriores, que a tendência não era a diminuição dessa explosão tecnológica e que ferramentas de controle de gestão são fundamentais para o processo decisório. Mais um fator importante é que com um mercado cada vez mais volátil e globalizado, as empresas buscam dominar continuamente o uso dessas ferramentas para aprimorar seus processos industriais (FULLERTON, KENNEDY; WIDENER, 2014).

A partir disso é possível observar que as organizações têm se valido de inúmeras técnicas para planejar e observar o andamento de todo o seu processo produtivo, e que a utilização de planejamento experimental por meio do método *Evolutionary Operation* (EVOP) pode agregar muito as atividades das empresas de manufatura. Wass e Czupryna (2015) destacam que essa ferramenta possibilita lidar com as falhas da produção de forma contínua extraindo as informações que serão utilizadas para diminuir os ajustes do processo, impactando diretamente os resultados da empresa.

2.2 PLANEJAMENTO EXPERIMENTAL

O Planejamento Experimental (DOE) do inglês *Design of Experiments* é um método muito popular de planejamento e condução de experimentos. Desenvolvido por Ronald A. Fisher em 1937, que permite realizar diversos ajustes no processo produtivo, a partir das entradas e observando quais serão os resultados dessas alterações nas saídas (MONTGOMERY, 2017). A aplicação desse tipo de método permite identificar as variáveis que tem maior influência nos resultados de um processo, trazendo diversos benefícios para a empresa, como a redução do custo operacional, melhoria no rendimento da produção e redução do tempo do processo, além de facilitar o processo produtivo sem comprometer a qualidade do produto final (CALADO, 2003; BARROS NETO; SCARMINIO; BRUNS, 2010). O DOE associado ao controle estatístico de processos pode gerar impactos positivos no processo produtivo de uma organização, marcando o início de um ciclo de melhoria contínua na produtividade, nos custos e na qualidade da produção (MONTGOMERY, 2007).

Button (2005) destaca que um DOE representa um conjunto de ensaios estabelecidos com critérios científicos e estatísticos, com objetivo de definir a influência de diversas variáveis nos resultados de um processo, apontando quais são os fatores mais influentes, possibilitando a redução do número de ensaios sem causar prejuízo à qualidade das informações. Também torna viável o estudo simultâneo de diversas variáveis e seus efeitos, a determinação da confiabilidade nos resultados e por fim a redução dos custos relacionados

com novos e antigos processos em aprimoramento.

Barros Neto (1995) ressalta que saber qual é o objetivo do planejamento direciona o profissional para técnicas mais específicas a esse objetivo, diz também que o conhecimento empírico de forma nenhuma substitui o técnico. Isso deixa claro que a combinação dos dois tipos de conhecimento tornará possível formular uma resposta correta, baseada na experiência e em métodos estatísticos, através de planejamentos mais rápidos e com custos menores para a empresa. Montgomery (2017) reforça que é uma ferramenta que pode ser utilizada por engenheiros e cientistas para melhorar o design e otimizar o desenvolvimento dos produtos, reduzindo o custo e o tempo da produção tendo como resultado um processo produtivo com melhor desempenho e confiabilidade (BARROS NETO; SCARMINIO; BRUNS, 2010).

2.2.1 Planejamento experimental fatorial

Planejamento fatorial é um dos principais tipos de planejamento experimental, e uma excelente ferramenta de controle de qualidade off-line. Sua utilização consiste em variar os fatores de um processo, de uma maneira que todas as combinações possíveis sejam testadas, para reduzir a variabilidade, determinando quais combinações irão proporcionar a sua melhoria. (MONTGOMERY, 2007).

De acordo com Nanni e Ribeiro (1987), um planejamento bem executado deve seguir uma espécie de roteiro, iniciando pela definição dos objetivos que são: Indicar quais são as variáveis primordiais, definir quais são as variáveis secundárias que devem ser consideradas para que se chegue às conclusões, definir as restrições do experimento e o tamanho da amostra, o método estatístico que será aplicado, e o tipo de análise que será executada. Box et al. (1978) afirmaram que para a execução de um planejamento experimental fatorial é necessário também saber os níveis em que cada fator será estudado, e determinar a ordem das variações que serão realizadas.

Marinho e Castro (2005) utilizaram o planejamento experimental para descobrir qual o rendimento final de uma reação química se fossem feitas variações na temperatura, se houvesse mudança em um catalisador, e/ou fosse variada a concentração de um reagente na mistura. Os autores limitaram a oscilação da temperatura entre 40°C e 60°C, definiram dois tipos de catalizadores denominados 'A' e 'B' e utilizaram a concentração em 1,0 e 1,5. Nota-se que foram escolhidas três variáveis para que fosse feita a experiência, ou seja, um planejamento fatorial 2^3 onde três fatores são modificados em uma série ensaios, oito nesse caso, para descobrir a combinação ideal para a melhoria do processo produtivo.

Tabela 1 – Planejamento experimental

Fatores	Limite Inferior (-)	Limite Superior (+)
1: Temperatura (°C)	40	60
2: Catalisador (Tipo)	A	B
3: Concentração (M)	1,0	1,5

Fonte: Marinho e Castro (2005).

Após uma série de testes foi concluído que o aumento da temperatura eleva também o rendimento da reação, e os maiores rendimentos são encontrados quando se utiliza o catalisador ‘A’ em uma temperatura de 60°C. A compreensão desses dados irá trazer diversos benefícios para o processo produtivo, já que evitará desperdícios envolvendo qualquer um dos fatores analisados, potencializando ao máximo a capacidade de produção, mantendo sempre constante o processo de melhoria.

2.3 EVOLUTIONARY OPERATION (EVOP)

Criado por George Box na década de 1950, o EVOP é um método de planejamento experimental para monitoramento e melhoria contínua de um processo em escala industrial, que direciona a produção para um valor ótimo sem causar transtornos por interrupção e custos desnecessários. É uma ferramenta que utiliza experimentos modificando seus fatores proporcionando a melhoria da produção sem oferecer riscos para os equipamentos (BOX, 1957; SOBRINHO, 2002).

O EVOP foi elaborado com a proposta de tornar possível melhorar os resultados da produção, sem a necessidade de paradas, a partir de um baixo valor de investimento e altas chances de acertos (BOX; DRAPER, 1969). Complementando essa ideia, Korzenowski et al. (2013) afirmam que a aplicação do EVOP se trata de realizar um conjunto de procedimentos necessários para alterar as condições da operação ainda no chão de fábrica, monitorando os parâmetros das variáveis de um processo, sem ter que pará-lo, e sem a necessidade de um grande envolvimento da engenharia, tornando possível ser realizado pela equipe operacional.

Davies (1970) afirmava que há alguns pontos a serem observados. O primeiro deles é que utilizar o EVOP não se trata apenas de reunir uma equipe de experimentadores que irão utilizar métodos complicados na planta, mas é um método simples, que pode ser aplicado no chão de fábrica e ser aproveitado pelo tempo que seja necessário. Ele acrescenta também que

para evitar grandes variações que tenham um alto custo para a empresa é fundamental que as mudanças sejam sutis, dentro das atividades normais do processo produtivo, assim será possível detectar as alterações nos resultados a partir de uma série de experimentações.

Box (1957) defendia que o processo produtivo não gerava apenas o produto exigido, mas também todas as informações necessárias para melhorá-lo. O EVOP trouxe um novo conceito de planejamento experimental, onde variáveis simples do processo são executadas e repetidas e através disso é produzida uma série de novos fatores que irão proporcionar uma melhoria contínua ao processo sem acarretar altos custos para a organização.

De acordo com Wass e Czupryna (2015), o EVOP pode ser aplicado em diversas atividades no setor de manufatura, e é normalmente utilizado quando os operadores realizam ajustes contínuos na produção com objetivo de obter um resultado ótimo. Eles ainda trazem exemplos de atividades que podem ser beneficiadas pela aplicação do método, por exemplo, a fundição de metais, tratamento térmico de alimentos, fabricação de plásticos e moldagem por injeção.

Sobrinho (2002) aplicou o EVOP na melhoria de um processo na indústria de alimentos. Ele defendeu que a ferramenta se trata de um ciclo planejado de variações menores no processo, e que a produção seguiria realizando essas variações para poder detectar o efeito de cada uma delas no resultado, ressaltando o que Box (1957) defendia ao afirmar que o método não fornecia apenas o produto final, mas as informações necessárias para melhoria contínua.

Para aplicar o EVOP na empresa, Sobrinho (2002) afirma que teve que lidar com algumas etapas anteriores à aplicação, que foram a aceitação da diretoria e a apresentação da ferramenta para a equipe, onde foram discutidos alguns problemas na produção que poderiam ser resolvidos após a aplicação. O maior deles foi relacionado ao leite em pó, onde foi detectado que partículas estavam sendo queimadas em grande quantidade, fazendo com que o produto não estivesse de acordo com os padrões de qualidade exigidos pela empresa.

As variáveis escolhidas para essa aplicação foram: teor de sólidos do concentrado, vazão de concentrado para o secador, temperatura do ar na câmara de secagem, umidade relativa do ar no secador, e a pressão ou vácuo na câmara de secagem. Após a implantação do EVOP na empresa a quantidade de leite em pó produzida por dia fora dos padrões de qualidade da empresa diminuiu de 4,23% para 0,25% da produção diária, ou seja, houve melhora na qualidade, sem interromper a produção, sem produzir leite fora das especificações e com baixos custos para a empresa, aumentando a assim a lucratividade.

Anos depois Korzenowski et al.(2013) aplicaram o EVOP em um estudo de

carbonatação do concreto com sílica ativa na construção civil, com objetivo de simplificar a implantação da automação do processo produtivo, usando o conhecimento dos operadores, através de um método mais simples do que os anteriormente utilizados. Segundo eles, uma ferramenta que pudesse aprimorar o processo produtivo sem interferir na autonomia dos operadores e aumentando os resultados da organização merecia ser mais bem estudada.

Ao final do experimento os autores consideraram que mesmo sendo um método simples, a sua aplicação foi capaz de ser específica o bastante para mostrar o que precisava ser melhorado na linha de produção da empresa em que foi aplicado.

3 ANÁLISE LÉXICA

A análise léxica aparece como um método promissor na busca por padrões de escrita, formas de expressão, categorias gramaticais para que através da organização desses dados seja possível ao leitor uma melhor compreensão do texto. A aplicação desse tipo de análise vem sendo mais utilizada graças à praticidade oferecida pela utilização de *softwares* para a mensuração de dados quantitativos. (CAMARGO; JUSTO, 2013).

O *Interface de R pour les Analyses Multidimensionnelles de Textes et de Questionnaires* que traduzido de forma literal significa: Interface R para Análises de Textos Multidimensionais e Questionários (IRAMUTEQ), é um *software* gratuito desenvolvido por Pierre Ratinaud (2009) na França que de acordo com Kami et al. (2016), torna possível a realização de diversos tipos de estudo de dados textuais, por meio de análise estatística. Com a ferramenta é possível realizar cinco tipos de análise lexical, são elas: estatísticas textuais clássicas, pesquisas de especificidades de grupos, classificação hierárquica descendente, análise de similitude e nuvem de palavras. Essa ferramenta pode trazer grandes contribuições ao meio científico, dada a sua capacidade de síntese de dados (CAMARGO; JUSTO, 2013).

Mesmo com essa capacidade de síntese, é importante lembrar que o IRAMUTEQ não é um *software* de análise de dados. A sua função é organizar, a partir do tipo de análise escolhida, os dados escolhidos possibilitando a sua compreensão através de gráficos, tabelas entre outras ferramentas. O autor/pesquisador é completamente responsável pela interpretação dos elementos que o *software* oferecer. (KAMI et al., 2016).

Apesar de a análise léxica ser incipiente na abordagem do Planejamento Experimental e EVOP, outras áreas têm explorado muito sua capacidade de conceituar temas que surgem a partir de um *corpus* textual. Como exemplo, em assuntos que envolvem diretamente o comportamento em sociedade (ARAÚJO; ZANÓN; ENUMO, 2019) e também na área da saúde segundo Moimáz et al. (2017) quando pesquisaram sobre a percepção feminina sobre o

período de aleitamento materno. Ambos utilizaram o IRAMUTEQ para a análise de dados qualitativos.

4 PERCURSO METODOLÓGICO

Pizzolati e Rocha (2004) afirmam que, definir o método a ser utilizado em uma pesquisa é fundamental para determinar em que o pesquisador deve focar para atingir os objetivos pré-determinados no trabalho, desse modo entende-se que a definição do caminho a ser trilhado para alcançar os objetivos estabelecidos, utilizando procedimentos e técnicas, que de acordo com Prodanov e Freitas (2013), servem para construir conhecimento através da comprovação da validade e da utilidade que o objeto da pesquisa tem para todos os âmbitos da sociedade.

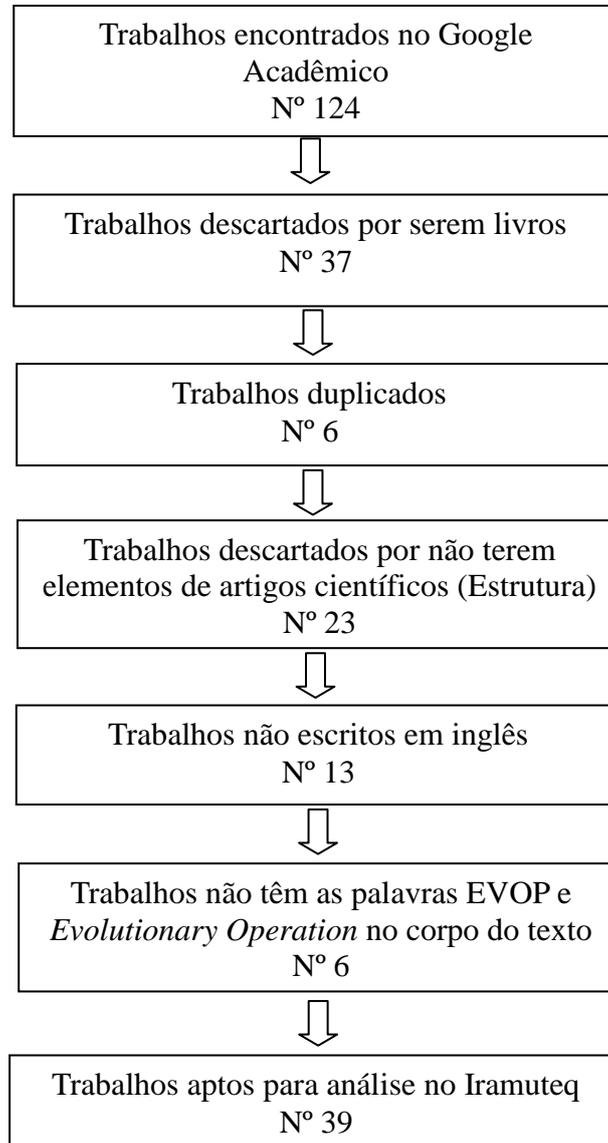
Nesse trabalho foi realizada uma revisão sistemática da literatura (RSL) que segundo Sampaio et al. (2007) consiste na busca por publicações relacionadas a um determinada temática, para mensurar a sua relevância quanto a estudos e publicações e são úteis para fazer a integração desses documentos, buscado uma melhor compreensão. Os autores ainda mencionam que uma revisão sistemática é útil porque faz a integração de um determinado tema que foi estudado separadamente, em momentos diferentes, que podem apresentar resultados divergentes ou coincidentes, e auxiliar na orientação para futuras investigações. A RSL desta pesquisa tem natureza básica, com objetivo descritivo e exploratório, e realizado por meio de uma abordagem qualitativa e quantitativa, que foi realizada através de um *software* chamado IRAMUTEQ.

A base de dados desse trabalho conta em sua totalidade com artigos científicos, indexados em bases de pesquisa ou não, revisados por pares. Foram encontrados cento e vinte e quatro documentos no período entre 1961 a 2019. Essa busca foi realizada no período entre 19/08/2019 à 25/08/2019. Devido à amplitude do intervalo vale ressaltar que não foram colocadas restrições quanto às datas das publicações. A busca da base de dados analisada neste trabalho foi realizada através do ‘Google Acadêmico’ utilizando os termos “DOE”, “*DESIGN OF EXPERIMENTS*”, “EVOP” e “*EVOLUTIONARY OPERATION*”, todos em inglês, devido à quantidade de trabalhos nesse idioma fornecerem uma amostra maior e mais variada acerca do tema, com diversos exemplos de aplicações nos mais diversos segmentos do setor de manufatura.

Ao longo da pesquisa os artigos encontrados foram submetidos a critérios de exclusão. Foram retirados livros, trabalhos duplicados, artigos que não tem a estrutura de científicos,

trabalhos que não continham os termos ‘EVOP’ e ‘*Evolutionary Operation*’ no corpo do texto e por fim artigos não escritos em inglês. Ao final restou uma amostra de trinta e nove documentos que foram analisados no *software* IRAMUTEQ.

Figura 1: Critérios de exclusão dos trabalhos



Fonte: Elaborado pelo autor (2019)

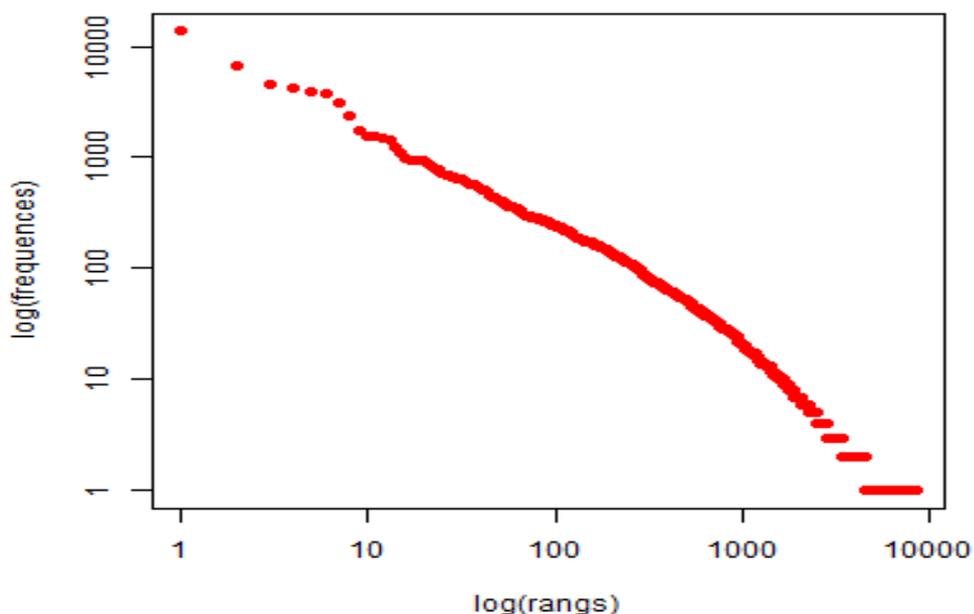
Após a aplicação dos critérios de exclusão foram estabelecidos um total de 39 artigos, organizados em uma planilha no *Microsoft Excel*, divididos de acordo com a sua estrutura (Ano em que foram escritos, Resumo, Introdução, Referencial Teórico, Método, Considerações finais e Conclusão) e posteriormente unificados em um documento no *Microsoft Word* intitulado ‘*CORPUS*’ que de acordo com Camargo e Justo (2013) é o conjunto de textos que o pesquisador deseja analisar no IRAMUTEQ.

5 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

O IRAMUTEQ oferece diversos tipos de análise que ilustram por meio de dados estatísticos (gráficos) e/ou representações gráficas as palavras do ‘*corpus*’ inserido no *software*, vale ressaltar que não se trata apenas de busca por palavras para montar gráficos, mas da compreensão do contexto onde cada uma está inserida. Alguns exemplos são o diagrama de Zipf, nuvem de palavras (NP), análise de similitude, classificação hierárquica descendente (CHD), e a análise fatorial de correspondência (AFC) (CAMARGO; JUSTO, 2013).

Ao submeter o *corpus* para análise logo de início o IRAMUTEQ oferece uma descrição detalhada sobre o documento. Nos trinta e nove artigos estudados foram identificadas 173.283 palavras agrupadas em 4.551 seguimentos de texto (ST) que são pequenos trechos agrupados pelo próprio *software* de acordo com o tamanho do *corpus*. Desses ST's foram classificados 3.291, que representa 72,31% do total. A ferramenta também mostra a repetição das palavras e a sua classificação gramatical expondo o comportamento dessas frequências através do diagrama de Zipf (Figura 2) (CAMARGO; JUSTO, 2013).

Figura 2 – Diagrama de Zipf



Fonte: Elaborado pelo autor (2019)

A lei de Zipf é uma teoria que tem base na linguística e na matemática, que possibilita determinar a frequência de palavras em textos, relacionando essas repetições com a colocação de cada uma delas no texto (GUEDES; BORSCHIVER, 2005). O diagrama mostra no eixo X

a quantidade de palavras e no eixo Y quantas vezes cada uma delas estão presentes no *corpus*, desse modo é permitida a compreensão de que poucas são as que mais aparecem no *corpus*, e que essa relação entre frequência e variedade de palavras é inversamente proporcional e forma uma curva decrescente.

Seguindo esse contexto na figura 2 é possível perceber a relação entre a quantidade de palavras e a sua frequência, por exemplo, a palavra *process* no eixo X aparece ligada ao número 1 por se tratar de apenas um termo, e no eixo Y ligada ao número 10.000, que se refere ao número de repetições. Ao longo do gráfico essa relação é descrita mostrando 1 palavra repetida 10.000 vezes, 10 palavras que aparecem 1000 vezes, 100 palavras que se repetem 100 vezes, 1000 palavras aparecendo 10 vezes e 10.000 palavras aparecendo apenas uma vez, também chamadas de Hapáx. O termo *process* é esse com alto índice de repetição devido ao fato de o EVOP ser aplicado diretamente em processos produtivos alterando as suas variáveis ainda na fase inicial, e isso é relatado em todos os trabalhos submetidos ao IRAMUTEQ.

Outro tipo de análise é a Nuvem de Palavras (Figura 3) onde as palavras são agrupadas de acordo com a quantidade de vezes em que aparecem para permitir ao leitor saber quais são as que mais se repetem no *corpus* examinado (KAMI et al., 2016). E de acordo com Santos et al. (2017) apesar de ser uma forma de análise lexical simples o visual oferecido é bastante interessante e facilita a identificação das palavras mais frequentes no corpus.

Figura 3 – Nuvem de palavras



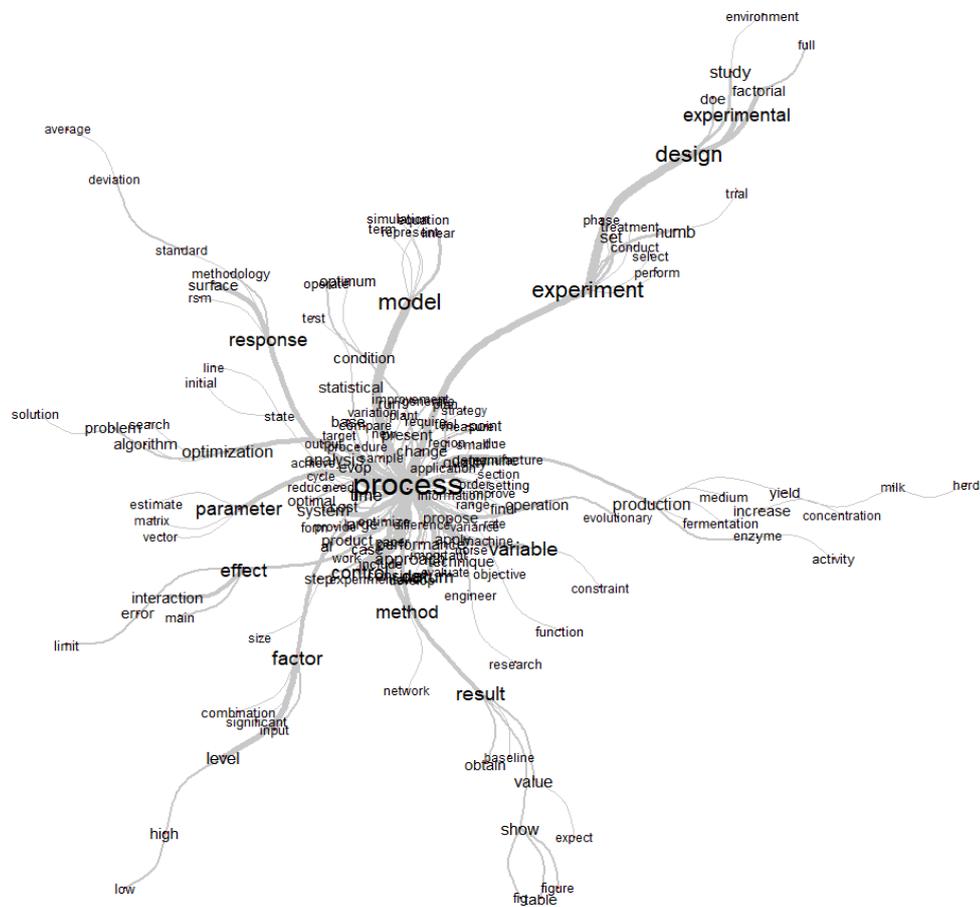
Fonte: Elaborado pelo autor (2019)

A Figura 3 mostra que a palavra mais frequente nos artigos inseridos no *corpus* é *process*, pois essa se encontra ao centro da imagem seguido de *model*, *experiment*, *design*, *effect*, *variable*, *method*. Esses são 7 dos 161 termos presentes nessa NP, que juntamente com o conhecimento adquirido pela leitura dos artigos mostram que eles enfatizam o EVOP como sendo um experimento aplicados em processos, alterando variáveis, controlando-as para que assim a organização possa obter resultados melhores que serão mensurados através das respostas obtidas através dessa aplicação. Essa ferramenta permitiu o entendimento do foco geral dos trabalhos analisados, que são as implicações do uso de planejamentos experimentais, principalmente do EVOP nos processos do setor de manufatura.

Foi realizada também uma análise de similitude (Figura 4) em que as palavras mais frequentes estão dispostas com maior evidência na figura, de modo que quanto mais repetições, mais centralizadas e evidentes as palavras estarão assim como na nuvem de palavras, mas apresenta o diferencial de mostrar também a relação entre cada uma delas, apontando a ligação entre os elementos textuais organizando-as em grupos e ligando cada uma de acordo com a sua conexão, ou seja, quanto mais presentes nos trabalhos, maior a palavra será no gráfico. Assim como na NP, para gerar esse gráfico as 161 palavras foram selecionadas de acordo com número da sua frequência, de modo que todas com número maior do que 100 estão nele agrupadas, para evitar que o grande número de termos causasse sobreposição no gráfico dificultando a interpretação.

No centro da imagem (Figura 4) estão os termos com conexão com todos os outros, sendo '*process*' também central, confirmando o que está na NP que o coloca como o que mais se repete no *corpus*. Partindo disso há ramificações sobre dois aspectos, que são aqueles que estão mais relacionados entre si e a quantidade de vezes em que são mencionados nos artigos. Todos os artigos colocam a importância de uma gestão eficiente de processos de produção encontrando alternativas através de planejamentos experimentais, mas têm maneiras diferentes de alcançar esses resultados, alguns estão mais direcionados a aplicação para melhoria da qualidade, outros para que ao evitar desperdício seja possível aumentar os lucros e por fim, aqueles gestores que buscaram testar diversos métodos estatísticos para avaliar qual traria melhores resultados para suas empresas, isso pode ser visto na figura 4 em uma das ramificações pelo vínculo entre as palavras *experiment*, *design*, *experimental* e DOE, com *perform* mostrando a relação entre aplicar planejamentos experimentais para alterar o desempenho da produção.

Figura 4: Análise de Similitude



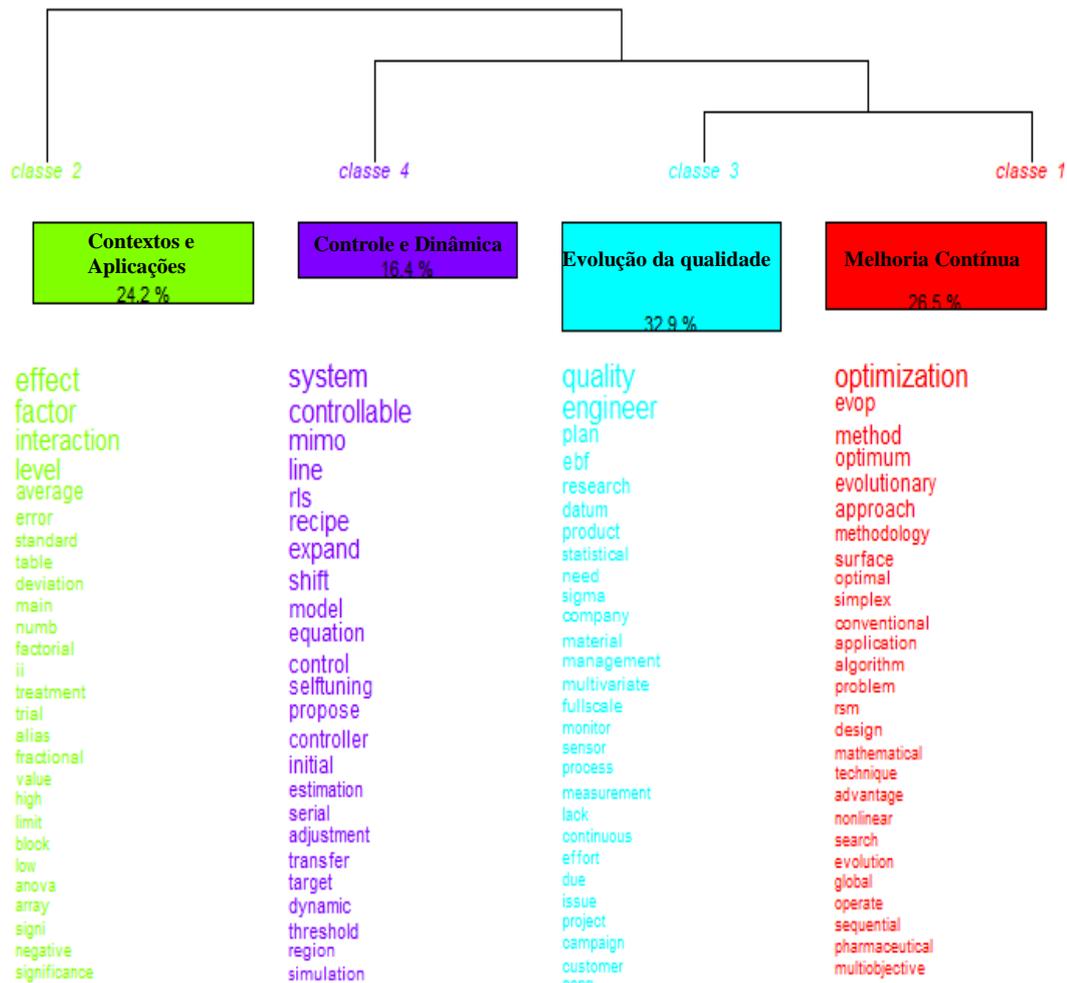
Fonte: Elaborado pelo autor (2019)

As diferenças entre as ideias abordadas nos trabalhos serão amplamente discutidas com base nos resultados oferecidos pela classificação hierárquica descendente (CHD), que mostra a classificação dos vocabulários, oferecendo a compreensão de grupos de ideias presentes no *corpus* e também da intensidade de cada palavra em cada uma das classes apresentadas, calculando a frequência com que são citadas. A CHD divide o corpus em segmentos de textos (ST) relacionando o número de ocorrências com a colocação de cada uma delas em cada ST, gerando dendogramas que ilustram o conteúdo léxico de cada classe (ROSA, 2019).

A CHD (Figura 5) gerou quatro classes de vocabulários, que representa que o *corpus* analisado pode ser compreendido dentro de quatro ideias ordenadas hierarquicamente de acordo com a similaridade apresentada entre as palavras dentre os artigos estudados. A classe 1 conta com 871 ST, a classe 2 com 797, a classe 3 com 1082, e a classe 4 com 541,

respectivamente 26,47%, 24,22%, 32,88% e 16,44% dos ST classificados pelo *software*. Além disso, é possível identificar a relevância da palavra para a classe, quantas vezes aparecem em cada uma delas e no corpus completo.

Figura 5: Classes de vocabulário



Fonte: Elaborado pelo autor (2019)

A figura 5 também mostra a relação entre as classes através da disposição de cada uma delas e a sua ligação. De acordo com o gráfico é possível compreender que as classes 1, 3 e 4 têm um direcionamento maior para otimização, qualidade e controle respectivamente, devido à ênfase dada a essas palavras na organização da CHD e a classe 2 pode ser vista como mais abrangente, composta por trabalhos que detêm todos esses tópicos, de maneira mais geral, mas abrangendo a todos. Focando não apenas no EVOP, mas em outros métodos estatísticos.

A primeira classe denominada ‘Melhoria Contínua’ contém artigos que estudaram ferramentas voltadas para a melhoria de processos já existentes nas organizações, com foco no EVOP, com o objetivo de encontrar uma condição ótima de operação. As aplicações foram realizadas nos mais variados tipos de empresas, por exemplo, na produção de produtos

farmacêuticos, estrutura de ponte de concreto, atuando diretamente no desenvolvimento de processos mais eficientes para cada empresa. Essa classe ainda apresenta artigos que relatam as dificuldades da aplicação do método mesmo com a eficiência relatada e comprovada no EVOP nas organizações em que foi aplicado. Os motivos colocados são: A dificuldade da aceitação por parte dos gestores, visto que o EVOP vai modificar fatores diretamente na produção e a descrença de eficiência por causa da simplicidade, visto que pode ser aplicado pelo setor operacional. A tabela 2 mostra as palavras mais mencionadas em cada classe, de acordo com o χ^2 (teste estatístico que relaciona cada palavra com as classes) e porcentagem da presença de cada uma delas.

Tabela 2 – Classes, porcentagem e χ^2

Melhoria Contínua			Contextos e Aplicações			Evolução da Qualidade			Controle e dinâmica		
Palavras	χ^2	%	Palavras	χ^2	%	Palavras	χ^2	%	Palavras	χ^2	%
Optimization	324,89	69,84	Effect	385,92	65,75%	Quality	220,90	80,6%	System	286,33	50,16
Evop	179,37	67,17	Factor	340,73	58,72%	Engineer	200,97	86,0%	Controllable	265,27	86,30
Method	172,57	55,07	interaction	317,98	83,12%	Plan	116,47	80,18%	Mimo	239,19	96,08
Optimum	164,05	69,75	Level	313,00	64,20%	Ebf	108,09	98,18%	Line	226,24	79,22
Evolutionary	158,28	85,88	Average	191,65	88,10%	Research	96,67	77,67%	Rls	216,25	100,0
Approach	138,79	62,56	Error	128,15	61,49%	Datum	93,34	56,46%	Recipe	214,32	86,44
Methodology	103,58	69,16	Standard	105,68	70,0%	Product	83,76	65,09%	Expand	196,39	93,33
Surface	103,06	65,12	Table	103,43	59,72%	Statistical	73,11	59,90%	Shift	195,52	79,10
optimal	96,29	64,29	Deviation	99,47	70,24%	Need	71,00	67,46%	Model	184,78	36,07
Simplex	86,36	84,00	Main	92,98	71,05%	Sigma	70,81	95,00%	Equation	178,57	65,98

Fonte: Elaborado pelo autor (2019)

O termo *Optimization* está relacionado com a melhoria no uso de metodologias, e na maioria das vezes cita ferramentas simples para resolução de problemas através de uma condição ótima na produção minimizando o número total de operações. É também com essa classe onde o EVOP é mais focado como uma dessas ferramentas para que esses resultados sejam alcançados sendo mais aplicado e detalhadamente estudado como uma ferramenta para melhoria contínua. Essa interpretação é possível por meio do χ^2 que mostra a relação de cada palavra com cada classe. O que diferencia essa classe das outras é que nessa o EVOP é o objeto principal das pesquisas dos trabalhos nela agrupados.

A segunda classe foi chamada de ‘contextos e aplicações’ por haver nelas termos mais relacionados com os efeitos causados pela aplicação do desses métodos na melhoria dos processos na indústria de manufatura. Além disso, apresentam contribuições consideradas como atualizações ao DOE tradicional de Ronald A. Fisher, feitas por Genichi Taghuci, mas trazendo também críticas devido à dificuldade de interação desse novo método e as

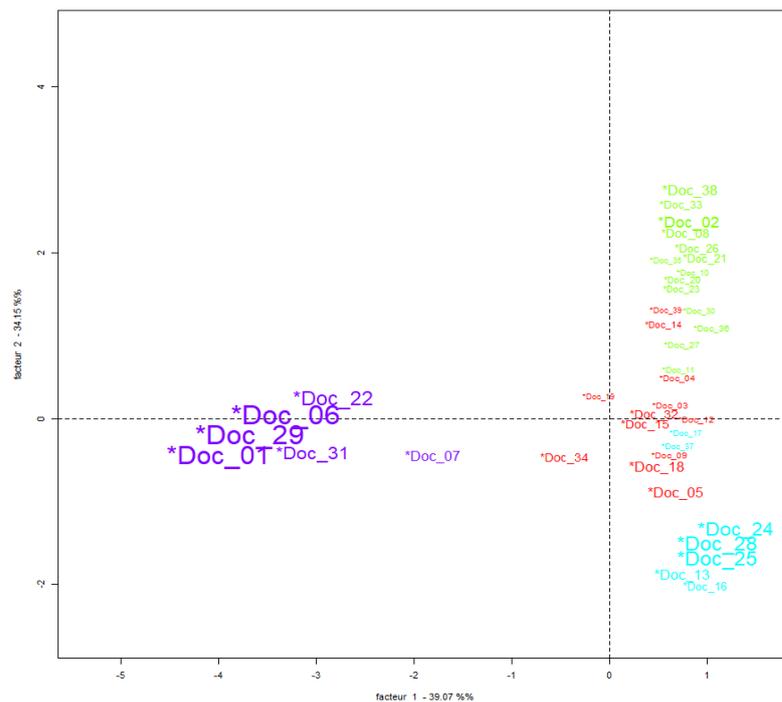
complicações para que seja realizada a aplicação. Os artigos dessa classe são voltados para o estudo e aplicação de ferramentas estatísticas para maximizar o potencial da produção mostrando limitações e possibilidades de aplicação, sendo o EVOP mencionado entre elas. O foco também é a melhoria de processos, com a diferença de que mais métodos são citados além do objeto principal de estudo desse trabalho, que é o EVOP. Também é a mais abrangente, já que foi a primeira a emergir, e todas as outras são ligadas a ela, porque engloba as temáticas principais de todas.

Já a terceira classe foi chamada de ‘evolução da qualidade’ devido à quantidade de trabalhos com esse foco e principalmente por ter a palavra *quality* mais associada à classe de acordo com o χ^2 e da porcentagem que diz que de todas as vezes que a palavra aparece no *corpus* 80,6% estão nos trabalhos agrupados nesta classe. Essas pesquisas não tratam apenas de qualidade, mas do uso de planejamentos experimentais para melhorias da engenharia, para que os processos possam ser melhorados através de análises de dados, monitoramento de processos por meios estatísticos. Um desses trabalhos fala especificamente do EVOP colocando-o como um desses métodos reforçando o pensamento de George Box conforme Sobrinho (2002) quando dizia que o processo não fornece apenas os resultados, mas as variáveis necessárias para melhorá-lo.

A quarta classe foi denominada ‘controle e dinâmica’ pois as pesquisas agrupadas nessa possuem direcionamento para a utilização de ferramentas com objetivo de alterar a dinâmica dos processos mantendo um controle eficiente nas variáveis da produção mensurando os resultados obtidos por causa dessa série de ajustes. Esses trabalhos focam no estudo e aplicação de outros tipos de planejamentos experimentais e menos no EVOP que é mais detalhado nas pesquisas agrupadas nas outras classes. Diferente dos trabalhos agrupados na segunda classe, os dessa tem direcionamento para o estudo dos processos para encontrar as ferramentas mais adequadas a melhorá-los.

A análise CHD também gera dados que ilustram a relação entre as classes agrupadas pelo IRAMUTEQ, que é chamada de Análise Fatorial de Correspondência (AFC). A figura 6 contém a ilustração da correspondência entre os artigos e mostra a relação de similaridade entre as formas de abordagens sobre os termos pesquisados, e o vínculo entre os trabalhos de cada uma das classes que emergiram na CHD.

Figura 6: Análise Fatorial de Correspondência (AFC)



Fonte: Elaborado pelo autor (2019)

A figura 6 mostra a proximidade entre as classes 1, 2 e 3, deixando a classe 4 mais afastada. Isso porque os documentos agrupados nesta abordaram o EVOP de uma maneira menos detalhada, e há menos elementos de correlação em relação às outras no que diz respeito ao direcionamento principal dos artigos de cada classe, isso porque as três primeiras são compostas por trabalhos que abordam tipos de planejamentos experimentais com princípios semelhantes ao EVOP, enquanto a última aborda o estudo de processos com aplicação de métodos distintos, ressaltando os resultados dessas aplicações. Na classe 4 esse tipo de planejamento experimental, o EVOP, é um exemplo nos outros diversos tipos de métodos estatísticos aplicados nas empresas, por isso o gráfico está disposto dessa forma.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através desse estudo realizado de forma sistemática sobre o *Evolutionary Operation* (EVOP) foi possível compreender o porquê de ser tão pouco explorado e aplicado, mesmo com a eficiência comprovada pelos autores estudados em cada um dos 39 trabalhos submetidos à análise do IRAMUTEQ e também o enfoque dos estudos que vem sendo realizados. Conforme mostrado na pesquisa as quatro classes geradas pela análise CHD mostram quatro pontos de partida diferentes para o estudo da ferramenta, tendo a primeira classe ‘melhoria contínua’ um maior foco no estudo do planejamento experimental EVOP, a

segunda trata sobre o estudo de outros métodos de planejamentos experimentais com objetivo de melhoria na produção e nos custos, a terceira classe com ênfase maior em qualidade, e a última classe denominada ‘controle e dinâmica’ mais voltada para a compreensão dos processos de produção e aplicação de ferramentas com objetivo de alterar sua dinâmica para saber qual seria a melhor alternativa para uma produção mais eficiente. A diferenciação dessa última classe para a segunda, é que uma tem direcionamento para o estudo dos métodos estatísticos, e a quarta classe para o estudo do controle dos processos através de ferramentas variadas com princípios diferentes do EVOP.

Outro fator importante abordado pelos artigos da classe melhoria contínua é o receio de gestores em aplicar a ferramenta devido a temer alterações drásticas nos níveis de produção, tendo em vista que o EVOP irá alterar diretamente as variáveis iniciais do processo, e caso não seja aplicado da forma correta pode causar prejuízos para as organizações. Esse temor faz com que essa ferramenta não seja amplamente utilizada, mesmo não acarretando custos para as empresas e nem comprometendo o ritmo dos processos produtivos. Isso mostra porque tantos autores buscaram estudar outros métodos em grande parte dos trabalhos inseridos no corpus.

A realização de uma revisão sistemática da literatura é uma grande contribuição para o meio acadêmico, porque torna possível a exploração de um tema sob perspectivas e épocas diferentes mostrando pontos comuns e divergentes entre cada abordagem. Esse tipo de estudo requer uma grande capacidade de análise e síntese dos dados obtidos, além de conhecimento sobre o método utilizado e principalmente sobre o objeto central da pesquisa, que pode ser estudado futuramente visando à sua compreensão ainda mais detalhada no setor de manufatura, por meio de trabalhos escritos em outros idiomas além do inglês, a fim de enriquecer ainda mais o conhecimento sobre essa ferramenta. Também é possível realizar a aplicação do EVOP para levar ao setor as melhorias que o método pode proporcionar, entre elas, a redução dos custos e a otimização da produção, fornecendo dados novos sobre os resultados que a ferramenta permite e também oferecer uma base para novos estudos na área.

REFERÊNCIAS

ARAUJO, Murilo Fernandes; DELLAZZANA-ZANON, Letícia Lovato; ENUMO, Sônia Regina Fiorim. Projeto de vida em adolescentes: análise pelo *software* IRAMUTEQ. **CIAIQ2019**, v. 2, p. 1060-1069, 2019.

BARROS NETO, Benício; SCARMINIO, I. Spacino; BRUNS, R. E. **Planejamento e otimização de experimentos**. Editora da UNICAMP, 1995.

BARROS NETO, B; SCARMINIO, I.S; BRUNS, R. E. **Como Fazer Experimentos-: Pesquisa e Desenvolvimento na Ciência e na Indústria**. Bookman Editora, 2010.

BIKFALVI, Péter; ERDÉLYI, Ferenc; TÓTH, Tíbor. The “production triangle” model in Production Planning and Control. In **2010 IEEE Internacional Conference on Automation, Quality and Testing, Robotics (AQTR)**. IEEE, 2010. P. 1-6.

BOX, George EP. Evolutionary operation: A method for increasing industrial productivity. **Journal of the Royal Statistical Society: Series C (Applied Statistics)**, v. 6, n. 2, p. 81-101, 1957.

BOX, George EP; DRAPER, Norman Richard. **Evolutionary operation: A statistical method for process improvement**. New York: Wiley, 1969.

BOX, George EP et al. **Statistics for experimenters**. 1978.

BUTTON, Sérgio T. Metodologia para planejamento experimental e análise de resultados. **São Paulo**, p. 4 e 5, 2005.

CALADO, Verônica. **Planejamento de Experimentos usando o Statistica**. Editora E-papers, 2003.

CAMARGO, Brigido Vizeu; JUSTO, Ana Maria. Tutorial para uso do software de análise textual IRAMUTEQ. **Florianópolis-SC: Universidade Federal de Santa Catarina**, 2013.

DAVIES, PAUL. "Evolutionary Operation." **Journal of the Royal Statistical Society: Series C (Applied Statistics)** 19, no. 1 (1970): 105-106.

FULLERTON, R. R., KENNEDY, F. A., & WIDENER, S. K. (2014). Lean manufacturing and firm performance: The incremental contribution of lean management accounting practices. **Journal of Operations Management**.

GUEDES, Vânia LS; BORSCHIVER, Suzana. Bibliometria: uma ferramenta estatística para a gestão da informação e do conhecimento, em sistemas de informação, de comunicação e de avaliação científica e tecnológica. **cinform–encontro nacional de ciência da informação**, v. 6, 2005.

HARE, L. B. EVOP: Um Método sub utilizado. **Quality Progress**, 2015. Disponível em <<http://asq.org/quality-progress/2015/01/statistics-roundtable/evop-an-underused-technology.html>> Acesso em 15 de mar. 2019.

KAMI, Maria Terumi Maruyama et al. Trabajo en consultorio en la calle: la utilización del software IRAMUTEQ para apoyar la investigación cualitativa. **Escola Anna Nery**, v. 20, n. 3, 2016.

KORZENOWSKI, A. L., VIDOR, G., WERNER, L., & BERR, L. R. Aplicação de sistemas fatoriais para melhoria da automação de processos e operações. **XXXIII encontro nacional de engenharia de produção**, 2013.

LOBO, Renato Nogueiro; SILVA, D. L. **Planejamento e Controle da Produção**. Editora

Érica, 2014.

LOPES, A. R.; LIMA, JFG. Planejamento e controle da produção: um estudo de caso no setor de artigos esportivos de uma indústria manufatureira. **XXVIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção**. Rio de Janeiro, 2008.

MARINHO, M. R. M; CASTRO, W. B. Planejamento fatorial: uma ferramenta poderosa para os pesquisadores. **Campina Grande-Paraíba:COBENGE**, 2005.

MOIMAZ, Suzely Adas Saliba et al. Análise qualitativa do aleitamento materno com o uso do software IRAMUTEQ. **Saúde e pesquisa**, v. 9, n. 3, p. 567-577, 2017.

MONTALVÃO, W. (1978). Otimização experimental com Operação Evolutiva. 135-139.

MONTGOMERY, Douglas C. **Introduction to statistical quality control**. John Wiley & Sons, 2007.

MONTGOMERY, Douglas C. **Design and analysis of experiments**. John wiley & sons, 2017.

MULLER, Claudio Jose. A evolução dos sistemas de manufatura e a necessidade de mudança nos sistemas de controle e custeio. 1996.

NANNI, L. F.; RIBEIRO, J. L. **Planejamento e avaliação de experimentos**. Porto Alegre: CPGEC/UFRGS, 1987. p 193 (Caderno técnico 17)

PIZZOLATTI, R. L., & ROCHA, F. G. (2004). A importante e difícil opção por um método na pesquisa. **Caminhos de Geografia**, 56-64.

PRODANOV, C. C., & FREITAS, E. C. (2013). **Metodologia do trabalho científico**. Novo Hamburgo - Rio Grande do Sul: Feevale.

PUKELSHEIM, Friedrich. **Optimal design of experiments**. Society for Industrial and Applied Mathematics, 2006.

RATINAUD, Pierre. IRaMuTeQ: Interface de R pour les Analyses Multidimensionnelles de Textes et de Questionnaires. **Téléchargeable à l'adresse: <http://www.iramuteq.org>**, 2009.

REID, R. Dan; SANDERS, Nada R. **Operations Management, BinderReadyVersion: An Integrated Approach**. John Wiley & Sons, 2015.

SAMPAIO R.F, Estudos de revisão sistemática: um guia para síntese criteriosa da evidência científica, 2007. Disponível em <<http://www.scielo.br/pdf/0D/rbfs/v11n1/12.pdf>> Disponível em <http://www.scielo.br/pdf/0D/rbfs/v11n1/12.pdf>> Acesso em 14 de mar. 2019.

SANTOS, Viviane et al. IRAMUTEQ nas pesquisas qualitativas brasileiras da área da saúde: scoping review. **CIAIQ 2017**, v. 2, 2017

SLACK, Nigel; CHAMBERS, Stuart; JOHNSTON, Robert. **Operations management**. Pearson education, 2010.

SOBRINHO, P. S. C., Utilização da metodologia operação evolutiva (EVOP) para melhoria de processo na indústria de alimentos, 2002. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Viçosa.

SOUZA, Perilônia Oliveira Campos; SILVA, Maria Lussieu. ASPECTOS GERAIS DA INSERÇÃO COMERCIAL BRASILEIRA NO MERCADO INTERNACIONAL. **Revista de Economia Regional, Urbana e do Trabalho**, v. 6, n. 2, p. 5-29, 2017

TUBINO, F. D. **Planejamento e controle da produção**. 3 ed. São Paulo: Atlas, 2017

WASS, N; S. W. CZUPRYNA. “Over coming Process Improvement Obstacles: A JMP / EVOP case study” 2015.

XIA, Wenming; LI, Guofu. Research on virtual enterprise production planning and control system. In: **2008 Fourth International Conference on Natural Computation**. IEEE, 2008. p. 555-559.