

DOI: 10.53660/CONJ-588-207

Análise da aplicabilidade do Design of Experiments no Mercado Financeiro

Analysis of the applicability of Design of Experiments in the Financial Market

Rafael Munhoz Cardoso¹*, Érik Lonel Luciano¹, Prof. Dr. Alexandre Formigoni¹, Profa. Dra. Eliane Antonio Simões¹, Prof. Dr. Rosinei Batista Ribeiro¹

RESUMO

O mercado financeiro, especificamente o mercado de ações, é um setor que absorve as consequências das instabilidades econômicas dos países, retendo riscos durante o seu processo de atuação. Nesse contexto, ferramentas de apoio vem se popularizando frente aos gestores como *o Design of Experiments*, que pode ser implantada no desenvolvimento e na otimização de sistemas, de processos e de produtos, porém, notase através de estudos que a mesma é subutilizada na área financeira. O objetivo desta pesquisa é identificar a aplicabilidade do *Design of Experiments* em áreas distintas e os seus impactos. Para isso, serão analisadas as publicações dos últimos 10 anos, por região, idiomas e autores para obtenção dos registros mais relevantes no que se refere à utilização do DOE especificamente no mercado financeiro. Trata-se de um estudo qualitativo por recorrer às evidências de Revisão Sistemática da Literatura (RS). Espera-se, no entanto, por meio de análise bibliométrica, a incorporação de uma possível alternativa para o gerenciamento e análise de riscos no mercado financeiro.

Palavras-chave: Design of Experiments; Aplicabilidade; Gestão da Inovação; Análise de Probabilidades; Mercado Financeiro.

ABSTRACT

The financial market, specifically the stock market, is a sector that absorbs the consequences of economic instabilities in countries, retaining risks during its operating process. In this context, support tools have become popular among managers such as Design of Experiments, which can be implemented in the development and optimization of systems, processes and products, however, it is noted through studies that it is underused in the financial area. The objective of this research is to identify the applicability of Design of Experiments in different areas and their impacts. For this, publications from the last 10 years will be analyzed, by region, languages and authors to obtain the most relevant records regarding the use of DOE specifically in the financial market. This is a qualitative study because it uses evidence from the Systematic Literature Review (SR). It is expected, however, through bibliometric analysis, the incorporation of a possible alternative for the management and analysis of risks in the financial market.

Keywords: Design of Experiments; Applicability; Innovation management; Probability Analysis; Financial market.

¹Programa de Mestrado Profissional Gestão e Tecnologia em Sistemas Produtivos - Unidade de Pós-Graduação, Extensão e Pesquisa - Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza – CEETEPS – São Paulo, Brasil

^{*}E-mail: rafael.cardoso@cpspos.sp.gov.br

INTRODUÇÃO

O mercado financeiro é setor permeado pelo fator incertezas, por lidar constantemente com as instabilidades econômicas e financeiras dos países e das empresas, na qual carece da necessidade de ferramentas para análise de probabilidades e cenários, possibilitando a introdução de variáreis que possam se materializar. Nesse sentido, uma das ferramentas que vem se popularizando frente aos gestores e se consolidando é o *Design of Experiments* (DoE).

Durakovic (2017) explica que Design of Experiments é uma ferramenta estatística utilizada no planejamento e condução de experimentos, bem como na análise e interpretação dos dados obtidos em ensaios de pesquisas distintas. Explica ainda que é uma ferramenta extremamente útil para as empresas, fazendo parte do seu processo de direcionamento em decisões.

Diante destas perspectivas e à medida que a procura pelo uso de ferramentas de experimentação aumenta tanto por empresas quanto pelos pesquisadores, seria realmente factível aplicar o Design of Experiments em área tão instável, como o mercado financeiro? E quais os impactos da aplicação no ramo de finanças? Esse questionamento norteará a análise da aplicabilidade da ferramenta na tentativa de evidenciar os benefícios dessa no processo de gerenciamento de riscos mediante as práticas macros sistêmicas que interferem diretamente nos resultados do mercado financeiro.

Este trabalho se justifica na medida que servirá de subsídio a empresa Social Flare. TECH na tomada de decisão para utilização do DOE em seus projetos futuros, onde ela tem como premissa, o investimento pesado em Pesquisa e Desenvolvimento de produtos com foco em Inteligência de mercado. Podemos ressaltar ainda, que os resultados obtidos poderão contribuir na análise de outras empresas e pesquisadores interessados na utilização do DoE nessa área.

Em suma, o objetivo geral deste trabalho é identificar a aplicabilidade do Design of Experiments em áreas afins e analisar e sintetizar os estudos recentes para visualização do impacto da ferramenta no que se refere à garantia de mais segurança e efetividade nas operações do ramo financeiro. Trata-se de uma pesquisa qualitativa, na qual se subsidiará através da Revisão Sistemática da Literatura. Espera-se que este estudo possa contribuir para identificar uma possível ferramenta de apoio aos profissionais na área de finanças.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Design of Experiments DoE – Projeto de Experimentos - Perspectiva Histórica

Telford (2007), em seu trabalho, desenvolveu uma ordem cronológica sobre a perspectiva histórica do DOE, nas quais foram:

Inventada por Ronald A. Fisher nas décadas de 1920 e 1930 na Estação Experimental de Rothamsted, uma estação de pesquisa agrícola, localizada a 40 quilômetros ao norte de Londres. Em seu primeiro livro, Fisher mostrou como conclusões válidas que o DOE podem ser extraídas com eficiência de experimentos com flutuações naturais, como temperatura, condições do solo e precipitação, ou seja, na presença de variáveis desconfortáveis.

Embora o método de projeto experimental tenha sido usado pela primeira vez em um contexto agrícola, o método tem sido aplicado com sucesso nas forças armadas e na indústria desde a década de 1940.

W. Edwards Deming ensinou métodos estatísticos, incluindo design experimental para cientistas e engenheiros japoneses no início da década de 1950, numa época em que "Made in Japan" significava baixa qualidade. Genichi Taguchi, o mais conhecido desse grupo de cientistas japoneses, é famoso por seus métodos de melhoria de qualidade. Uma das empresas onde Taguchi aplicou seus métodos pela primeira vez foi a Toyota.

Desde o final dos anos 1970, a indústria dos Estados Unidos voltou a se interessar por iniciativas de melhoria da qualidade, agora conhecidas como programas de "Qualidade Total" e "Seis Sigma". O design experimental é considerado um método avançado nos programas Seis Sigma que foram pioneiros na Motorola e na GE.

O método Design of Experiments (DOE)

Whitford, (2018) explica que o *Design of Experiments* (DoE) é uma técnica para planejar experimentos e analisar as informações obtidas. A técnica permite utilizar um número mínimo de ensaios, nos quais vários parâmetros de pesquisa são variados de forma sistemática e simultânea para obter informações suficientes. Com base nos dados obtidos, um modelo matemático do processo estudado (por exemplo, a quantidade e o tempo de um componente de alimentação) é desenvolvido.

Huairui Guo (2012) ressalta que a ferramenta não se limita à engenharia e que muitas histórias de sucesso podem ser encontradas em outras áreas.

Para Zahraee, S. M. et al. (2013), DoE pode ser visto como sendo composto por uma série de etapas: o planejamento, a execução do experimento e a análise dos dados experimentais coletados usando vários métodos estatísticos para tirar conclusões válidas e objetivas.

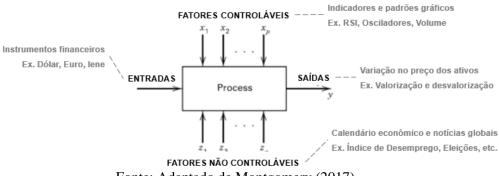
Segundo Arsalan Farooq, et al. (2016), cada DoE começa selecionando o sistema/processo e reconhecendo o problema de investigação. Explicam ainda que a declaração do problema leva ao estabelecimento dos objetivos com base nos quais o indicador de desempenho (variável de resposta) precisa ser definido.

A variável de resposta deve representar uma medida quantitativa do comportamento do sistema. Como etapa essencial em todo o processo, os fatores que afetam o indicador de desempenho e como eles são discretizados, o número de execuções experimentais e uma matriz adequada precisam ser definidos na segunda etapa. A terceira etapa abrange a execução do experimento de acordo com a matriz projetada e coleta de dados (FAROOQ, MUHAMMAD, ARSALAN ET AL, 2016).

Principais usos do DOE

Atualmente, os pesquisadores selecionam principalmente o DoE com base na importância assumida dos fatores e o número desejado de experimentos (A. Alafaghani, A. Qattawi, 2018; F. Kolivand, R. Rahmannejad, 2018, C. Shen, L. Wang, W. Cao, L. Qian, 2007). A Figura 1 apresenta uma adaptação do modelo geral de processo apresentado por Montgomery (2017) com os componentes usados nesse trabalho.

Figura 1 - Modelo geral de processo e suas entradas, fatores controláveis e não controleis e saídas.



Fonte: Adaptado de Montgomery (2017).

De acordo com Huairui Guo (2012), os principais usos do DOE são:

- 1. Comparação este é um fator entre as comparações múltiplas para selecionar a melhor opção que usa o teste t -, Teste Z ou teste F -.
- 2. Triagem variável geralmente são experimentos fatoriais de dois níveis destinados a selecionar fatores importantes (variáveis) entre muitas que afetam o desempenho de um sistema, processo ou produto.
- 3. Identificação da função de transferência se as variáveis de entrada importantes forem identificadas, a relação entre as variáveis de entrada e a variável de saída podem ser usadas para uma maior exploração do desempenho do sistema, processo ou produto via função de transferência.
- 4. Otimização do sistema a função de transferência pode ser executada para otimização, movendo o experimento para a configuração ideal das variáveis. Desta forma, o desempenho do sistema, processo ou produto pode ser aprimorado.
- 5. Projeto robusto trata da redução da variação no sistema, processo ou produto sem eliminação de suas causas. O design robusto foi iniciado pelo Dr. Genichi Taguchi, que tornou o sistema robusto contra ruído (fatores ambientais e incontroláveis são considerados ruído). Geralmente, os fatores que causam a variação do produto podem ser categorizados em três grupos principais: Externo / ambiental (como temperatura, umidade e poeira); Interno (desgaste da máquina e envelhecimento dos materiais); Variação de unidade para unidade (variações em materiais, processos e equipamentos).

Mercado financeiro

O mercado financeiro é composto por vários segmentos. Alguns exemplos são: Ações, Índices, Commodities, Fundos e Câmbio, sendo esse último o objeto de estudo desse projeto. Também conhecido como forex ou FX (do inglês Foreign eXchange), segundo Gameiro (2004), esse é o maior mercado financeiro do planeta. Enquanto o mercado de cambio opera um volume superior a \$2 trilhões de dólares por dia, no mesmo período o mercado de ações de Nova Iorque opera \$25 bilhões de dólares. No mercado de cambio, o forex e as moedas são a base de operação, ou seja, são esses instrumentos que devem ser negociados para obtenção de lucros (Calicchio, 2020).

Existem diversos fatores que indicam um possível comportamento iminente, como padrões gráficos, fatores políticos e indicadores. Um desses fatores é o indicador *Relative Strength Index* (RSI) ou Índice de Força Relativa IFR) que, conforme afirmado

por Lemos (2015), é um oscilador de impulsão que mede a velocidade e a mudança dos movimentos de preços. Ele compara a variação média de preços dos períodos de avanços com a variação média dos períodos de declínios. Quando o nível desse indicador está inferior a 20, significa que há uma situação de valorização próxima, ou seja, na prática, uma compra do ativo em análise é recomendada porque o preço tende a subir. Além do RSI, outras variáveis da análise técnica podem indicar uma possível alteração no comportamento do instrumento financeiro, como indicadores de tendência, indicadores de volume, osciladores, padrões gráficos, entre outros.

Para identificar em quais situações a aplicação desses indicadores tem maiores nível de assertividade, esse trabalho propõe a aplicação do Planejamento de Experimentos, também conhecido como DoE (do inglês *Design Of Experiments*) (MONTGOMERY, 2009, p.01, tradução nossa).

METODOLOGIA

Revisão Sistemática da Literatura (RS)

A Revisão Sistemática (RS) é um modelo de revisão que usa métodos rigorosos e explícitos para identificar, selecionar, coletar dados, analisar e descrever as contribuições relevantes à sua pesquisa (CORDEIRO et al., 2007).

Para Donato (2019), na elaboração da RS, os seguintes passos devem estar explicitamente descritos, Quadro 1:

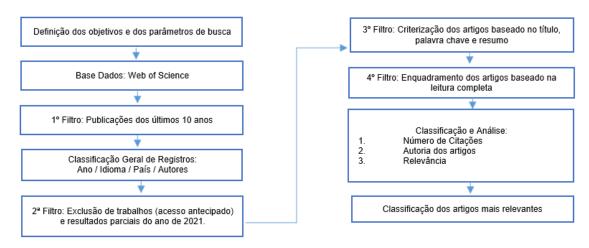
Quadro 1 - Etapas da Revisão Sistemática (RS).

1. Formular uma questão de investigação;	7. Extração dos dados;
2. Produzir um protocolo de investigação e efetuar o seu registro (itens 1 e de 3 a 8 devem constar no protocolo de elaboração da revisão sistemática).	8. Síntese dos dados e avaliação da qualidade da evidência.
3. Definir os critérios de inclusão e de	9. Disseminação dos resultados – Publicação.
exclusão.	Todos estes passos têm de ser explicitamente
4. Desenvolver uma estratégia de pesquisa e	7. Extração dos dados.
pesquisar a literatura – encontrar os estudos.	•
5. Seleção dos estudos.	8. Síntese dos dados e avaliação da qualidade
	da evidência.
6. Avaliação da qualidade dos estudos.	9. Disseminação dos resultados – Publicação.

Fonte: Adaptado pelos autores, Donato (2019).

Na Figura 2, elaborou-se um fluxograma, definindo o caminho que a análise bibliométrica deste trabalho percorreu para atingir seus objetivos:

Figura 2 - Fluxograma do estudo bibliométrico.



Fonte: Adaptado pelos autores de Garcia et al (2017).

Dentre as adaptações que foram feitas no quadro 1 e na figura 2, pode-se destacar como principais: a formulação da questão de pesquisa para nortear o trabalho, a definição da base de dados Web of Science e palavras chaves. O uso de critérios de inclusão e exclusão e a ênfase na avaliação e análise dos artigos identificou os trabalhos mais promissores e relevantes envolvendo DoE e Mercado Financeiro.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Análise Bibliométrica - Base de Dados Web of Science

Na primeira busca, aplicando o marco temporal de 10 anos foram encontrados 10.827 registros, agrupados entre Artigos Científicos, Capítulos de livros, Papel de Procedimentos; Papel de dados; Publicação Retratada; Revisões de Livros; Cartas, Resumo de reuniões, entre outros, Figura 3.

Alemão; 18
Chinês; 6
Português; 20
Outros; 14
Coreano; 21
Espanhol; 40

Figura 3 - Relação de publicações por idioma.

Fonte: Os autores (2021).

1400
9 1200
9 1200
9 1200
9 1000
400
200
2010 2011 2012 2013 2014 2015 2016 2017 2018 2019 2020

Figura 4 - Relação de Publicações por ano.

Fonte: Os autores (2021).

Ao aplicar o segundo filtro, foram excluídos trabalhos não publicados denominados (acesso antecipado) e dos resultados parciais de publicações do ano de 2021, eliminou-se 266 registros. No entanto, ainda sobraram 10.561 trabalhos para análise, Figura 4.

Observa-se um avanço das publicações, ano após ano no assunto pesquisado sobre DOE e Mercado Financeiro. No critério publicações por país, nota-se que há uma demanda significativa e de relevância nos EUA, seguido de Inglaterra, Holanda, Suíça e Alemanha. Outro fato de relevância é que se tratam de países desenvolvidos e de maior renda per capita, demonstrando que há o cuidado com a área financeira é regido por uma atenção adicional dos pesquisadores nessas nações, Figura 5.

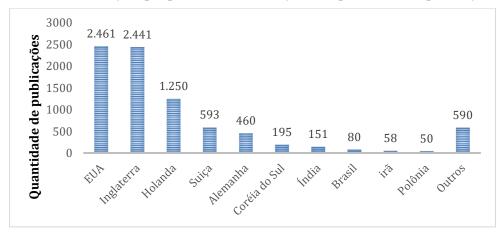


Figura 5 - Publicações por país e suas mensurações em quantidades de publicações.

Fonte: Os autores (2021).

Quando se verifica a aplicabilidade do DoE por área, foi possível a identificação de uma quantidade razoavelmente significativa, permeando cerca de 192 duas áreas durante esse período. E das áreas que mais publicam se destacam a de Ciência de

Materiais Multidisciplinar com 1.451 registros seguido por Engenharia Mecânica com 1.262 registros, Engenharia Química com 1.013 registros, Manufatura de Engenharia com 898 registros e Engenharia Elétrica Eletrônica com 864. Essas áreas agrupadas totalizaram 50% de todos os registros, Quadro3:

Quadro 3 - Áreas com aplicabilidade do Design of Experiments.

Categorias da Web of Science	Contagem do registro	% de 10.827
Ciência de Materiais Multidisciplinar	1451	13%
Engenharia Mecânica	1262	12%
Engenharia Química	1013	9%
Manufatura de Engenharia	898	8%
Engenharia Elétrica Eletrônica	864	8%
Engenharia Multidisciplinar	662	6%
Farmácia Farmacologia	634	6%
Combustíveis Energéticos	620	6%
Química Analítica	506	5%
Física Aplicada	494	5%
Sistemas de controle de automação	463	4%
Química Multidisciplinar	460	4%
Aplicações interdisciplinares da ciência da computação	407	4%
Microbiologia Aplicada à Biotecnologia	405	4%
Engenharia Industrial	385	4%
Mecânica	373	3%
Ciência de Gestão de Pesquisa Operacional	362	3%
Química Física	357	3%
Metalurgia Engenharia Metalúrgica	333	3%
Probabilidade Estatística	328	3%
Ciências ambientais	324	3%
Métodos de Pesquisa Bioquímica	319	3%
Ciência de Polímeros	288	3%

Fonte: Os autores (2021).

Observou-se que dentre as 192 áreas, nenhuma corresponde diretamente à área financeira, demonstrando que a ferramenta de DoE é ainda subutilizada nesse setor.

Análise dos Artigos - Título, Resumo e Palavras Chaves

Ao se aplicar o terceiro filtro do processo metodológico, foi possível fazer o enquadramento dos artigos considerando como base o título, suas palavras chaves e resumo e número de citações. De um total de 10,8 mil publicações, foram identificados 22 (vinte e dois) artigos promissores, envolvendo mercado financeiro e DoE, Quadro 4.

Quadro 4. Seleção de artigos por área, título, palavras-chave, autores e citações.

Área	Título	Palavras Chaves	Autores	Citações
Management; Operations Research & Management Science	Financial Literacy, Financial Education, and Downstream Financial Behaviors	behavioral economics; household finance; consumer behavior; education systems; public policy; government programs; statistics; causal effects; design of experiments; meta-analysis; financial education; financial literacy Daniel Fernandes; John G. Lynch; Richard G. Netemeyer		1558
Computer Science, Artificial Intelligence; Computer Science, Information Systems	An insight into the experimental design for credit risk and corporate bankruptcy prediction systems	Credit risk; Corporate bankruptcy; Experimental design; Data splitting; Performance metric; Statistical test	Vicente García; Ana I. Marqués &; J. Salvador Sánchez	81
Economics; Management; Mathematics, Interdisciplinary Applications	Efficient Sampling and Meta- Modeling for Computational Economic Models	Computational economics; Exploration of agent-based models; Design of experiments; Meta-modeling	Isabelle Salle & Murat Yıldızoğlu	70
Statistics & Probability	On using the hypervolume indicator to compare Pareto fronts: Applications to multi-criteria optimal experimental design	Pareto front; Multi-objective optimization; Design of experiments; Point exchange	Yongtao Cao; Byran J.Smucker; Timothy J. Robinson	57
Economics; Engineering, Civil; Operations Research & Management Science; Transportation; Transportation Science & Technology	The value of lead time reduction and stabilization: A comparison between traditional and collaborative supply chains	Agent-based modelling and simulation; Lead time; Supply chain collaboration; Supply chain management; Taguchi design of experiments; Throughput accounting	Borja Ponte; José Costas; Julio Puche; Raúl Pino; David de la Fuente	45
Business, Finance	Kriging metamodels and experimental design for Bermudan option pricing	regression Monte Carlo (RMC); Gaussian process regression; sequential design; Bermudan option valuation; stochastic simulation	Michael Ludkovski	36
Computer Science, Artificial Intelligence	Design of Experiments On Neural Network's Parameters Optimization For Time Series Forecasting In Stock Markets	Stock price prediction; back propagation neural network; design of experiment; financial ratios	Mu-Yen Chen;Min- Hsuan Fan;Young- Long Chen; Hui-Mei Wei	29
Economics	Portfolio optimization using Mixture Design of Experiments: Scheduling trades within electricity markets	Mixture Design of Experiments; Portfolio optimization; CVaR and electricity markets	Francisco Alexandrede Oliveira; Anderson Paulode Paiva; José Wanderley Marangon Lima;	28
Business, Finance	Recent developments in the experimental elicitation of time preference	Time preference; Discounted utility; Instantaneous utility; Choice list	Stephen L.Cheung	20
Business; Management	Integrating corporate social responsibility and financial performance	Design of Experiments; Corporate social responsibility; Financial performance; TOPSIS; Prospect Theory	Amelia Bilbao- Terol; Mar Arenas- Parra; Susana Alvarez-Otero; Verónica Cañal- Fernández	19
Economics	Financial risk information avoidance	Criteria for decision-making under risk and uncertainty; behavioural finance; behavioural microeconomics; design of	Anna Blajer- Gołębiewska; Dagmara Wach; Maciej Kos	18
Management; Operations Research & Management Science	Marketing Optimization in Retail Banking	marketing optimization; retail banking; customer relationship management; mathematical programming; genetic algorithm; Markov chains; fuzzy mathematical programming	Ramasubramanian Sundararajan, Tarun Bhaskar, Abhinanda Sarkar, Sridhar Dasaratha, Debasis Bal,	16
Economics; Psychology, Multidisciplinary	Money illusion, financial literacy and numeracy: Experimental evidence	Behavioral sciences; Money illusion; Design of experiments; Behavioral finance; Financial literacy; Numeracy	f experiments; Behavioral inancial literacy; Numeracy Jean-Christophe Vergnaud; Mariko Shimizu	
Management	The X-bar control chart with restriction of the capability indices	Statistical process control; Capability analysis; Estimated parameters; Simulation methods Pedro Carlos Oprime; Glauco Henrique de Sousa Mendes		07
Statistics & Probability	Optimal statistical, economic and economic statistical designs of attribute np control charts using a full adaptive approach	Adaptive control charts; FA np control chart; Markov chain; statistical design; economic design; economic statistical design	Mehdi Katebi; M. Bameni Moghadam	06

Statistics & Probability	Estimating sensitivity indices based on Gaussian process metamodels with compactly supported correlation functions	Bayesian estimation; Computer experiments; Global sensitivity indices; Main-effect sensitivity indices; Process-based estimator; Quadrature-based estimator; Total sensitivity indices	Joshua Svenson; Thomas Santner; Angela Dean; Hyejung Moon	04
Engineering, Industrial; Engineering, Manufacturing	Integrating Financial Metrics with Production Simulation Models	P&Q Discrete Event Simulation; Design of Experiments		
Mathematics; Statistics & Probability	Regular Fractions and Indicator Polynomials	Algebraic statistics; design of experiments; indicator polynomial; regular fractions; complex coding; Galois field coding	Giovanni Pistone and Maria Piera Rogantin	03
Computer Science, Information Systems; Computer Science, Theory & Methods	An Exploration of the Cultivation Mode of Innovation and Entrepreneurship Education with Modern Information Technology for Statistics Students	statistics; entrepreneurship education; cultivation mode	Yong LiHe; HuangXuexin; Zhou	02
Engineering, Multidisciplinary	Economic-statistical Design of NP Control Chart with Variable Sample Size and Sampling Interval	The Np Control Chart; Economic- statistical Design; Markov Chain; Design of Experiments; Variable Sampling Schemes	M. S Fallahnezhad M Shojaie-Navokh Y Zare-Mehrjerdi	02
Economics	Inducing risk preferences in economics experiments	experiments; risk; choice; learning lan M. Dobbs; Anthony D. Miller		01
Engineering, Industrial; Operations Research & Management	The Optimal Re-sampling Strategy for a Risk Assessment Model	Risk assessment; Re-sampling strategy; Imbalanced data; Design of Experiments; Dual Response Surface Methodology	L. I. Tong; W. Y. Wei; P. Y. Wu	00

Fonte: Os autores (2021).

Os autores que mais publicam sobre o DoE, dentre os artigos analisados são: Daniel Fernandes; John G. Lynch; Richard G. Netemeyer; Vicente García; Ana I. Marqués &; J. Salvador Sánchez; Isabelle Salle & Murat Yıldızoğlu; Yongtao Cao; Byran J. Smucker; Timothy J. Robinson; Borja Ponte; José Costas; Julio Puche; Raúl Pino; David de la Fuente. E, dos vinte e dois artigos elencados no quadro 4, um último filtro foi adicionado com base na leitura do resumo, identificando os artigos que efetivamente utilizaram o Design of Experiments na área do mercado financeiro, Quadro 5:

Quadro 5 - Artigos selecionados mais relevantes sobre DOE e Mercado Financeiro.

Nº	Título	Palavras Chaves	Autores	Citações	Disponível em
01	Desenho de Experimentos de Otimização de Parâmetros de Redes Neurais para Previsão de Séries Temporais	Previsão de preço de ações, rede neural de retropropagação, design de experimento, índices financeiros	Mu-Yen Chen, Min- Hsuan Fan, Young- Long Chen†, Hui-Mei Wei	31	http://www.nnw.cz/do i/2013/NNW.2013.23. 023.pdf
02	Uma visão sobre o desenho experimental para sistemas de previsão de risco de crédito e falência corporativa	Risco de crédito, Falência corporative, Desenho experimental, Divisão de dados Métrica de desempenho · Teste estatístico	Vicente García, Ana I. Marques, J. Salvador Sanchez	83	http://repositori.uji.es/ xmlui/bitstream/handl e/10234/161000/643 66.pdf?sequence=1& isAllowed=y
03	A estratégia de reamostragem ideal para um modelo de avaliação de risco	Avaliação de risco, estratégia de reamostragem, dados desequilibrados, design de experimentos, metodologia de superfície de resposta dupla	L.I. Tong, W.Y. Wei, P.Y. Wu	35	https://www.research gate.net/publication/2 86588710_The_opti mal_re- sampling_strategy_fo
04	Otimização de marketing no banco de varejo	otimização de marketing, banco de varejo, gestão de relacionamento com o cliente, programação matemática, algoritmo genético, cadeias de Markov, programação matemática difusa	Ramasubramanian Sundararajan et Al.	16	https://doi.org/10.128 7/inte.1110.0597

Fonte: Os autores (2021).

Os artigos destacados no quadro 4 registram a efetividade da aplicação do uso da ferramenta no mercado financeiro, apresentando as inúmeras possibilidades:

- a) Artigo 01 (um): envolve a aplicação do DOE na previsão do mercado de ações.
- b) Artigo 02 (dois) utiliza a ferramenta para construir uma base do projeto experimental para ser utilizado em aplicações de pontuação de crédito e previsão de falências no setor financeiro.
- c) Artigo 03 (três) traz a preocupação dos riscos financeiros de bancos e instituições financeiras, utilizando o DOE para desenvolver um modelo de avaliação de risco.
- d) Artigo 04 (quarto) usa várias técnicas, incluindo DOE, para ajudar na tomada de decisão estruturada de um banco de varejo, possibilitando a realização de análises hipotéticas e portabilidade para outros mercados e carteiras.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por meio desta pesquisa pode-se ter a visualização do impacto da ferramenta de *Design of Experiments* no mercado financeiro que, apesar do aumento no interesse pela comunidade financeira e empresarial, infelizmente ainda é pouco utilizada.

Com a execução desta pesquisa foi possível identificar um total de 192 áreas que estão aplicando a ferramenta e que os países que mais publicam estão situados no grupo de países denominados desenvolvidos, onde a educação financeira está mais enraizada na cultura da sociedade, contando com um mercado financeiro e de capital bem desenvolvido. Identificou-se também que o idioma predominante dos artigos publicados é o inglês, seguido por espanhol.

Os autores que mais se destacaram foram Daniel Fernandes; John G. Lynch; Richard G. Netemeyer; Vicente García; Ana I. Marqués &; J. Salvador Sánchez; Isabelle Salle & Murat Yıldızoğlu; Yongtao Cao; Byran J.Smucker; Timothy J. Robinson; Borja Ponte; José Costas; Julio Puche; Raúl Pino; David de la Fuente.

Como trabalho futuro, fica como proposta a extensão da pesquisa, utilizando os mesmos critérios em outras bases de dados, além de uma entrevista com especialista em DOE com foco a elencar as inúmeras possibilidades que esta ferramenta pode trazer de benefícios para o mercado financeiro.

Por fim, espera-se que este trabalho possa engajar os profissionais do mercado financeiro a utilizar o DOE na identificação de probabilidades, na solução de problemas, na análise de riscos e nas tomadas de decisão.

Agradecimentos

Os autores agradecem a empresa Social Flare.TECH (www.socialflare.tech), pelo apoio na publicação deste artigo.

REFERÊNCIAS

A. ALAFAGHANI, A. QATTAWI. Investigating the effect of fused deposition modeling processing parameters using Taguchi design of experiment method. Elsevier. **Journal of Manufacturing Processes**. Volume 36, December 2018, Pages 164-174. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.jmapro.2018.09.025. Acesso em: 20 dez. 2021.

ANTONY, JIJU. Design of Experiments for Engineers and Scientists. **Elselvier Insights**. 2nd Edition - February 22, 2014. Disponível em: https://books.google.com.br/books?id=p7pCAgAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=pt-BR#v=onepage&q&f=false. Acesso em: 10 dez. 2021.

ANTONY, JIJU. A Systematic Methodology for Design of Experiments. **Design of Experiments for Engineers and Scientists (Second Edition)**. 2014, Pages 33-50. Disponível em: https://doi.org/10.1016/B978-0-08-099417-8.00004-3. Acesso em: 10 dez. 2021.

ANTONY, JIJU. Design of Experiments and its Applications in the Service Industry. Elsevier. **Design of Experiments for Engineers and Scientists (Second Edition)** 2014, Pages 189-199. Disponível em: https://doi.org/10.1016/B978-0-08-099417-8.00010-9. Acesso em 12 dez. 2021.

ANTONY, JIJU. 1 - Introduction to Industrial Experimentation. S. Second Edição. Oxford: Elsevier, 2014, pp. 1–6. Disponível em: https://booksite.elsevier.com/samplechapters/9780750647090/9780750647090.PDF. Acesso em: 20 dez. 2021.

ARSALAN FAROOQ, et al. An innovative approach for planning and execution of preexperimental runs for Design of Experiments. **European Research on Management and Business Economics (ERMBE), Academia Europea de Dirección y Economía de la Empresa (AEDEM)**, vol. 22(3), pages 155-161, 2016. Disponível em: https://econpapers.repec.org/article/idijermbe/v_3a22_3ay_3a2016_3ai_3a3_3ap_3a155 -161.htm. Acesso em: 10 dez. 2021.

B. DURAKOVIC. Design of Experiments application, concepts, examples: State of the art. **Periodicals of Engineering and Natural Scince**. Vol. 5 (3) (Dec. 2017) 421–439. Disponível em: http://pen.ius.edu.ba/index.php/pen/article/viewFile/145/175. Acesso em: 12 dez. 2021.

CALICCHIO, S. Forex de uma forma simples: O guia para a introdução do mercado Forex e estratégias comerciais mais eficazes no sector cambial. [s.l.]: [s.n.], 2020.

CORDEIRO, ALEXANDER MAGNO ET AL. Revisão sistemática: uma revisão narrativa. **Revista do Colégio Brasileiro de Cirurgiões**, v. 34, n. 6, p. 428-431, 2007. Disponível em: http://waholding.com.br/wp-

content/uploads/revisao_sistematica_uma_revisao_narrativa.pdf. Acesso em: 05 nov. 2021.

COOK, DEBORAH J.; MULROW, CYNTHIA D.; HAYNES, R. BRIAN. Systematicreviews: synthesisofbestevidence for clinicaldecisions. **Annals of internal medicine**, v. 126, n. 5, p. 376-380, 1997. Disponível em: https://www.acpjournals.org/doi/10.7326/0003-4819-126-5-199703010-00006. Acesso em: 10 nov. 2021.

C. NOVARA. Experiment design in Nonlinear Set Membership identification. **American Control Conference**, 2007, pp. 1566-1571. Disponívem em: https://ieeexplore.ieee.org/document/4282953. Acesso em: 15 dez. 2021.

C. SHEN, L. WANG, W. CAO, L. QIAN. Investigation of the effect of molding variables on sink marks of plastic injection molded parts using taguchi DOE Technique. **Polymer-Plastics Technology and Engineering**, 46 (3) (Mar. 2007) 219–225. Disponível em: https://doi.org/10.1080/03602550601152887. Acesso em: 20 jan. 2022.

DONATO, HELENA; DONATO, MARIANA. Stages for Undertaking a Systematic Review. **Acta Médica Portuguesa**, [S.l.], v. 32, n. 3, p. 227-235, mar. 2019. ISSN 1646-0758. Disponível em:

https://www.actamedicaportuguesa.com/revista/index.php/amp/article/view/11923. Acesso em: 26 set. 2021.

DURAKOVIC, BENJAMIN. Design of Experiments Application, Concepts, Examples: State of the Art. **Periodicals of Engineering and Natural Scinces**. International University of Sarajevo. Vol 5, n.3 pp. 421-439, 2018. ISSN 2303-4521. Disponível em: http://pen.ius.edu.ba/index.php/pen/article/viewFile/145/175. Acesso em: 27 ago. 2021.

F. KOLIVAND, R. RAHMANNEJAD. Estimation of geotechnical parameters using Taguchi's design of experiment (DOE) and back analysis methods based on field measurement data. **Springer, Bulletin of Engineering Geology and the Environment,** 77 (4) (2018) 1763–1779. Disponível em: https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs10064-017-1042-3. Acesso em: 20 jan. 2022.

GAMEIRO, M. Forex Market: Tudo que você precisa saber começar a ganhar dinheiro. [s.l.]: [s.n.], 2004.

GARCIA, F, L., et al. Mapeamento bibliométrico da produção científica acerca da performance ambiental da manufatura aditiva. 2017. **Anais do XXXVII Encontro Nacional de Engenharia de Produção - Enegep**. Disponível em: 10.14488/ENEGEP2017_TN_STP_248_434_33894. Acesso em: 17 set. 2021.

HUAIRUI GUO, Ph. D. & ADAMANTIOS METTAS. Design of Experiments and Data Analysis. **Annual Reliability and Maintainability Symposium**. 2012. Disponível em:

https://www.weibull.com/pubs/2012_RAMS_design_of_experiments_and_data_analysi s.pdf. Acesso em: 27 ago. 2021.

Johnson, L., Bell, G., 2009. Designed experiments in service quality applications. In: **ASQ World Conference on Quality and Improvement**, 18–20 May, Minneapolis, MN.

KARIMSHOUSHTARI, MILAD; NOVARA, CARLO. Design of Experiments for nonlinear system identification: A set membership approach. **Elsevier. Automatica**, volume 119, September 2020, 109036. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.automatica.2020.109036. Acesso em: 15 dez. 2021.

LEMOS, F. Análise Técnica dos Mercados Financeiros: Um guia completo e definitivo dos métodos de negociação de ativos. 1. Ed. São Paulo: Saraiva, 2015.

M.C. ORTIZ, M.S. SANCHEZ, L.A. SARABIA. Quality of analytical measurements: univariate regression, in: S.D. Brown, R. Tauler, B. Walczak (Eds.), **Comprehensive Chemometrics: Chemical and Biochemical Data Analysis**, Elsevier, Amsterdam, 2009, pp. 127e167.

MONTGOMERY, DOUGLAS C. **Introdução ao controle estatístico da qualidade**. 7.ed. Rio de Janeiro: LTC, 2017.

PILKINGTON, ALAN; MEREDITH, JACK. The evolution of the intellectual structure of operations management – 1980-2006: a citation/co-citation analysis. **Journal of Operations Management**, v. 27, p. 185-202, jun. 2009. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.jom.2008.08.001. Acesso em: 10 set. 2021.

SIDDAWAY AP, WOOD AM, HEDGES LV. How to do a systematic review: a best practice guide for conducting and reporting narrative reviews, meta-analyses, and meta-syntheses. **Annual Review of Psychology**. 2019;70:747-70. Disponível em: https://www.annualreviews.org/doi/abs/10.1146/annurev-psych-010418-102803. Acesso em: 10 set. 2021.

TELFORD, JACQUELINE, K. A Brief Introduction to Design of Experiments. **Johns Hopkins APL Technical Digest**, Volume 27, Number 3. 2007. Disponível em: https://www.jhuapl.edu/Content/techdigest/pdf/V27-N03/27-03-Telford.pdf. Acesso em: 27 ago. 2021.

WHITFORD, WILLIAM G.; LUNDGREN, MATS; FAIRBANK, ALAIN. Cell Culture Media in Bioprocessing. **Biopharmaceutical Processing, Development, Design, and Implementation of Manufacturing Processes**, 2018, Pages 147-162. Disponível em: https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100623-8.00008-6. Acesso em: 27 ago. 2021.

ZAHRAEE, S. M, ET AL. Combined Use of Design of Experiment and Computer Simulation for Resources Level Determination in Concrete Pouring Process. **Jurnal Teknologi**, 64(1). 2013. Disponível em: https://doi.org/10.11113/jt.v64.1315. Acesso em: 10 dez. 2021.

Recebido em: 15/01/2022 Aprovado em: 16/02/2022 Publicado em: 18/02/2022