



Anais do Simpósio Acadêmico de Engenharia de Produção (SAEPRO) da EEL-USP

IX SAEPRO – 25 e 26 de novembro de 2025

Cadeias De Markov: Uma Revisão Sistemática

Markov Chains: A Systematic Review

Cadenas De Markov: Una Revisión Sistemática

Anne Gabrielly de Souza Almeida

Universidade Federal do Vale do São Francisco
(anne.almeida@discente.univasf.edu.br)

Camila Lourena Barros Sol Posto

Universidade Federal do Vale do São Francisco
(camilabsolposto@gmail.com)

José Angelo da Silva Neto

Universidade Federal do Vale do São Francisco
(jose.neto@discente.univasf.edu.br)

Mariana Brandão de Alencar e Sá

Universidade Federal do Vale do São Francisco
(mariana.asa@discente.univasf.edu.br)

Fabiana Gomes dos Passos

Universidade Federal do Vale do São Francisco
(fabiana.passos@univasf.edu.br)

Resumo

A cadeia de Markov é um caso particular de processos estocásticos com estados discretos. O objetivo desse estudo foi realizar uma revisão sistemática das principais áreas de aplicações da Cadeia de Markov. Foram analisados os trabalhos relacionados ao tema, utilizando a base de e Science *Direct*, SciELO, Portal CAPES e Google Acadêmico, no período de 2021 a 2025. A partir da consulta da base de dados, foram selecionados 17 trabalhos relacionados ao contexto, o que mais se destacou foi o *ScienceDirect*, visto que possui um total de 2740 publicações de artigos publicados de diferentes temas, mas com o mesmo assunto em comum. Os resultados revelaram que os países que obtiveram um número representativo foram o Brasil e a China, porque os artigos escolhidos tiveram



Anais do Simpósio Acadêmico de Engenharia de Produção (SAEPRO) da EEL-USP

IX SAEPRO – 25 e 26 de novembro de 2025

uma prioridade maior em ser em língua portuguesa. Através da análise das palavras-chave encontrou-se que as principais linhas de pesquisa estão relacionadas a Revisão Sistemática (RS), aplicações na Engenharia de Produção e Pesquisa Operacional, evidenciando a sua importante contribuição para o desenvolvimento e discussão acerca desses assuntos na Engenharia.

Palavras-chave: Engenharia de Produção, Revisão Sistemática, Cadeias de Markov, Pesquisa Operacional.

Abstract

Markov chain is a particular case of stochastic processes with discrete states. The aim of this study was to conduct a systematic review of the main application areas of the Markov Chain. Works related to the topic will be analyzed using databases such as ScienceDirect, SciELO, CAPES Portal, and Google Scholar, covering the period from 2021 to 2025. From the database search, 17 works related to the context were selected; ScienceDirect stands out, as it has a total of 2740 published articles on different topics, but with the same subject in common. The results reveal that the countries with the highest number of articles were Brazil and China, because the articles chosen were prioritized for being in Portuguese. Through keyword analysis, it was found that the main research areas are related to Systematic Review (SR), applications in Production Engineering, and Operations Research, highlighting their important contribution to the development and discussion of these subjects in Engineering.

Keywords: Production Engineering, Systematic Review, Markov Chains, Operations Research.

Resumen

Una cadena de Markov es un caso particular de procesos estocásticos con estados discretos. El objetivo de este estudio fue realizar una revisión sistemática de las principales áreas de aplicación de la Cadena de Markov. Se analizaron trabajos relacionados con el tema utilizando bases de datos como *ScienceDirect*, SciELO, el Portal CAPES y Google Scholar, abarcando el período 2021-2025. De la búsqueda en las bases



Anais do Simpósio Acadêmico de Engenharia de Produção (SAEPRO) da EEL-USP

IX SAEPRO – 25 e 26 de novembro de 2025

de datos, se seleccionaron 17 trabajos relevantes; *ScienceDirect* destaca por contar con un total de 2740 artículos publicados sobre diferentes temas, pero con un mismo objeto de estudio. Los resultados revelan que los países con mayor número de artículos fueron Brasil y China, debido a que se priorizó la selección de artículos en portugués. Mediante el análisis de palabras clave, se determinó que las principales áreas de investigación se relacionan con la Revisión Sistemática (RS), Aplicaciones en ingeniería de producción y la Investigación Operativa, resaltando su importante contribución al desarrollo y la discusión de estas disciplinas en Ingeniería.

Palabras clave: Ingeniería de producción, Revisión sistemática, Cadenas de Markov, Investigación operativa.



1. INTRODUÇÃO

As cadeias de Markov são um conceito fundamental na teoria das probabilidades e na estatística, introduzido pelo matemático russo Andrei Andreyevich Markov no início do século XX. Este modelo estocástico descreve um sistema que se encontra em um conjunto de estados e transita entre eles de acordo com probabilidades que dependem apenas do estado atual e não da sequência de eventos que precederam este estado, uma propriedade conhecida como "propriedade de Markov" (Luvambio, 2020).

Historicamente, os fundamentos desta teoria foram estabelecidos por Markov, que obteve os primeiros resultados para processos estocásticos discretos finitos em 1906. Posteriormente, uma generalização crucial para espaços de estados infinitos enumeráveis, que foi desenvolvida em 1936 por Andrei Nikolaevich Kolmogorov, um matemático soviético proeminente que fez contribuições significativas em diversas áreas, incluindo probabilidade, estatística e teoria da informação, consolidando as bases matemáticas para o estudo destes processos (Hillier & Lieberman, 2021).

Os processos estocásticos representam uma ferramenta fundamental na modelagem matemática de sistemas que evoluem ao longo do tempo de forma probabilística. Dentro desta ampla classe de modelos, as Cadeias de Markov ocupam um lugar de destaque devido à sua simplicidade teórica e vasta aplicabilidade em diversos campos do conhecimento. Trata-se de uma classe de processos aleatórios ou estocásticos que possuem uma determinada característica que pode ser descrita como perda de memória. Esta propriedade essencial, conhecida como propriedade de Markov, simplifica a análise e permite modelar uma gama surpreendente de fenômenos (Taha, 2017).

A característica central que define uma Cadeia de Markov é a ausência de memória, sendo formalmente expressa pela relação precisamente de que: " $P(C_{n+1} = c_{n+1} \mid C_0 = c_0, \dots, C_n = c_n) = P(C_{n+1} = c_{n+1} \mid C_n = c_n)$ ", para qualquer instante de tempo " n " e quaisquer estados $c_0, \dots, c_{n+1}$ pertencentes ao espaço de estados S . Em termos mais intuitivos, dado o estado atual, os estados passados não têm influência sobre o futuro. Isso significa que, para prever a evolução futura do sistema, é necessário conhecer seu estado presente, o histórico de como o sistema chegou a esse estado é irrelevante (Hillier & Lieberman, 2021).



Anais do Simpósio Acadêmico de Engenharia de Produção (SAEPRO) da EEL-USP

IX SAEPRO – 25 e 26 de novembro de 2025

Formalmente, uma Cadeia de Markov é definida como um processo estocástico $\{C_n\}$ que satisfaz a propriedade de Markov [...] se, além disso, o processo estocástico for a tempo discreto e formado por variáveis aleatórias discretas. O conjunto de todos os valores possíveis que o processo pode assumir é chamado de espaço de estados, que, para as cadeias de Markov aqui consideradas é finito ou infinito, dependendo da natureza do sistema modelado (Hillier & Lieberman, 2021).

No contexto brasileiro, a teoria das Cadeias de Markov foi amplamente divulgada e estudada por matemáticos e estatísticos. Um exemplo notável é o trabalho de Francisco Louzada Neto, que discute a aplicação destes modelos em confiabilidade de sistemas (Louzada Neto, 2002). Ademais, outro autor de destaque é Marcelo de Souza Lauretto, que explorou o uso de cadeias de Markov em métodos computacionais intensivos, como o MCMC (Monte Carlo via Cadeias de Markov) em suas pesquisas (LAURETTO, 2007). A relevância das Cadeias de Markov transcende a teoria matemática, abrangendo inúmeras aplicações, incluindo sistemas de filas, redes de comunicação de computadores, sistemas biológicos e uma grande variedade de outras aplicações. Sua utilidade se estende até mesmo à medicina, tornando-se uma ferramenta importante de tomada de decisão médica. A frequência com que esses processos surgem na prática motivou um estudo extensivo, resultando em uma teoria sólida e versátil, a qual permite oferecer soluções eficazes para diversos problemas reais (Hillier & Lieberman, 2021).

Tomando como base o exposto, este trabalho tem como objetivo realizar uma revisão sistemática das principais áreas de aplicações da Cadeia de Markov. Além disso, o texto apresenta aspectos teóricos relacionados às cadeias de Markov e a revisão sistemática, que visa ordenar e simplificar a criação de um referencial bibliográfico.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A elaboração de uma pesquisa científica robusta demanda, invariavelmente, a etapa crucial da revisão da literatura, assim como outros tipos de estudo de revisão, constitui uma forma de pesquisa que utiliza como principal fonte de dados a produção científica existente sobre determinado tema. Conforme destacado por Afonso et al. (2011), o alicerce para a construção do conhecimento em qualquer área temática reside na



Anais do Simpósio Acadêmico de Engenharia de Produção (SAEPRO) da EEL-USP

IX SAEPRO – 25 e 26 de novembro de 2025

exploração aprofundada das produções preexistentes sobre o assunto. De acordo com Booth et al. (2012), as revisões sistemáticas têm como propósito mapear a literatura existente, identificar lacunas no conhecimento e fornecer uma base para pesquisas futuras ou para a tomada de decisões baseadas em evidências. Nesse contexto, as revisões sistemáticas e meta-análises são amplamente reconhecidas como o mais alto padrão em cuidados baseados em evidências (Gunnell et al., 2022; Weir et al., 2016).

Sendo assim, diante do crescimento acelerado das bases de dados científicas e o aumento exponencial de publicações, os pesquisadores enfrentam o desafio de navegar por esse volume massivo de informações de forma eficiente, criteriosa e transparente. Segundo Moher et al. (2009) uma revisão sistemática consiste na realização de uma revisão que emerge a partir de uma questão claramente formulada, que usa métodos sistemáticos para identificar, selecionar e avaliar criticamente pesquisas relevantes e coletar e analisar dados dos estudos incluídos na revisão. Na mesma perspectiva, Souza et al. (2010) definem a Revisão Sistemática da Literatura (RSL) como uma síntese detalhada de todas as investigações relacionadas com uma questão de pesquisa específica, concentrando-se, principalmente em estudos experimentais e a caracterizam por seus métodos sistemáticos e reproduzíveis.

A Revisão Sistemática (RS) constitui, portanto, uma ferramenta essencial para resumir, avaliar, comunicar os resultados e as implicações de uma grande quantidade de pesquisas e informações, essas etapas estão descritas no Quadro 1. Em concordância com Denyer e Tranfield (2009), que apontam que as RSL são uma metodologia robusta para sintetizar o conhecimento em diversas disciplinas, permitindo que pesquisadores e profissionais tomem decisões mais informadas e eficazes. De forma complementar, Glasziou et al. (2001), reforçam que esse processo é inerentemente científico, exigindo um planejamento cuidadoso e uma execução rigorosa para ser válida e útil.

Considerando a importância da etapa da busca de literatura, surgiram algumas diretrizes específicas para padronizar e aprimorar esse processo. Entre elas, destaca-se a *PRISMA-S (PRISMA Search Extension)*, desenvolvida para orientar a descrição das estratégias de busca das fontes de informações utilizadas (bases de dados, registros de ensaios, literatura cinzenta, etc.) e de todo o processo de recuperação de dados, assegurando transparência

e reprodutibilidade (Rethlefsen et al., 2021). A adoção de diretrizes como a *PRISMA* e suas extensões contribui para a qualidade e a confiabilidade das revisões sistemáticas publicadas, facilitando a avaliação crítica por pares e a utilização das evidências sintetizadas por outros pesquisadores e tomadores de decisão.

Quadro 1 - Processo de revisão sistemática.

Processos	Métodos
Elaboração do protocolo de revisão	• Criação de um plano detalhado e explícito que define os métodos sistemáticos. • Transparência e a reprodutibilidade. • Incluir a definição dos critérios de inclusão e exclusão para os estudos. • Desenvolvimento da estratégia de busca.
Busca e seleção de estudos	• Execução da estratégia de busca em bases de dados. • Triagem inicial dos títulos e resumos para identificar artigos relevantes. • Minimização dos vieses na seleção através de um processo metodológico.
Avaliação da qualidade	• Avaliação crítica dos estudos primários. • Utilização de ferramentas e escalas específicas para realizar essa avaliação. • Assegurar a confiabilidade da RSL. • Coleta sistemática das informações relevantes dos estudos que foram incluídos na revisão.
Síntese de dados	• Consolidação e análise dos resultados. • Análise quantitativa (bibliometria e meta-análise).
Relato da revisão sistemática	• Redação e comunicação dos resultados da RSL. • Seguir diretrizes de transparência para o relato.

Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

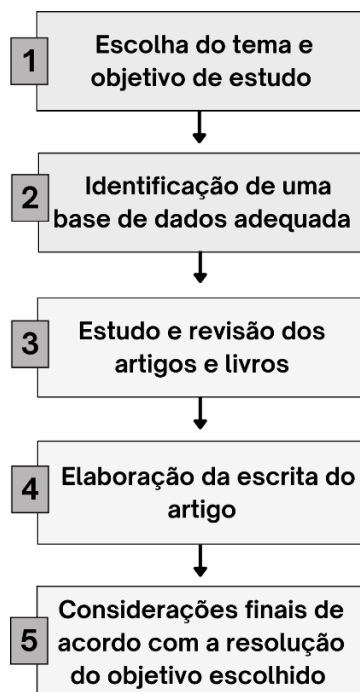
3. MÉTODO

Como o presente artigo trata-se de uma revisão sistemática sobre as principais áreas de aplicações da Cadeia de Markov, a coleta dos dados ocorreu nas bases públicas, SciELO, Portal CAPES e ScienceDirect. Também foram consultados livros e sites a fim de ampliar o entendimento sobre o tema abordado. A seleção dos artigos foi conduzida baseado em procedimentos que serão descritos logo a seguir.

3.1. Elaboração do plano metodológico detalhado

As etapas do processo de planejamento e construção da revisão sistemática estão descritas de forma detalhada na Figura 1, com o intuito de demonstrar de maneira clara a metodologia aplicada.

Figura 1 - Etapas de elaboração.



Fonte: Elaborado pelos autores (2025).



Anais do Simpósio Acadêmico de Engenharia de Produção (SAEPRO) da EEL-USP

IX SAEPRO – 25 e 26 de novembro de 2025

3.1.1. Descrição das etapas

Etapa 1: O tema e objetivo escolhido foi a revisão sistemática sobre as aplicações da Cadeia de Markov da literatura recente, contemplando o período de 2021 a 2025.

Etapa 2: Os artigos selecionados incluíram os estudos com o maior número de citações e os principais periódicos na área de pesquisa. Ao tratar dos parâmetros de exclusão, foram retirados trabalhos enviesados sem garantia de reprodutibilidade e trabalhos com poucos ou nenhum registro em plataformas de dados públicos.

Etapa 3: Em sequência, foi realizada a análise dos artigos e bases de dados, visando compreender o cenário atual de estudos referente a Cadeia de Markov.

Etapa 4: Por conseguinte, após o entendimento da metodologia empregada em uma Revisão sistemática (RS), foi possível iniciar a etapa da elaboração da escrita do artigo baseado nos resultados obtidos.

Etapa 5: Por fim, as considerações finais, possibilitando o entendimento sobre as principais as publicações relacionadas a Cadeia de Markov e uma síntese dos resultados encontrados, dessa forma, alcançando o objetivo do artigo.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1. Análise dos artigos e base de dados

A partir de todos os artigos selecionados, foi elaborado o Quadro 2 abaixo, que organiza os estudos de acordo com o ano de publicação e as fontes de onde foram extraídos. Assim, essa sistematização permitiu uma visualização mais clara da distribuição temporal das pesquisas e das principais bases de dados consultadas, facilitando a análise e a comparação dos trabalhos utilizados.



Anais do Simpósio Acadêmico de Engenharia de Produção (SAEPRO) da EEL-USP

IX SAEPRO – 25 e 26 de novembro de 2025

Quadro 2 – Número de artigos e autores com base no ano de publicação.

Ano de publicação: 2021
• Análise de velocidade de vento usando Cadeia de Markov – Nunes.J. E de O, et al. (Portal CAPES) • Corrosion evolution of steel bars in RC structures based on Markov chain modeling– Wei-Ping, Zhang, et al. (<i>ScienceDirect</i>) • Predicting construction time and cost of tunnels using Markov chain model considering opinions of experts – Mahmoodzadeh, A.et al. (<i>ScienceDirect</i>) • Markov chains estimation of the optimal periodicity for cleaning photovoltaic panels installed in the Dehesa – Gonzalo Sánchez-Barroso. et al. (<i>ScienceDirect</i>)
Ano de publicação: 2022
• Aplicação de cadeias de Markov na probabilidade de mudanças climáticas para seleção de plantio na cidade de Caxias do Sul – Corso, Leandro. et al. (SciELO) • Estimativa de parâmetros usando a técnica Monte Carlo via Cadeia de Markov aplicados a modelos epidemiológicos para Covid-19 no estado do Pará – Pinto, T. M. et al. (Portal CAPES)
Ano de publicação: 2023
• Cadeia de Markov: uma análise dos níveis de precipitação na Região Metropolitana do Recife-PE –Silva, S. J. da. et al. (Portal CAPES) • Aplicação da Cadeia de Markov no estudo da transição de produtos extrudados em uma empresa do ramo plástico – Chiwiacowsky, Leonardo Dagnino. et al. (Portal CAPES)
Ano de publicação: 2024
• Risk assessment and simulation of gas pipeline leakage based on Markov chain theory – Chen, Jianwu. et al. (<i>ScienceDirect</i>) • Probabilistic pavement performance modeling using hybrid Markov Chain: A case study in Afghanistan –Golroo, Amir; Wasiaq, Samiulhaq. (<i>ScienceDirect</i>)



Anais do Simpósio Acadêmico de Engenharia de Produção (SAEPRO) da EEL-USP

IX SAEPRO – 25 e 26 de novembro de 2025

- Cadeias de Markov na engenharia de produção um panorama das Aplicações – Silva, Júlio Cesar Martins Oliveira da. (Google Acadêmico)
- Ferramentas computacionais de apoio às aplicações de cadeias de Markov na Engenharia de Produção – Lima, Jéssica Valéria Gomes Vilar. (Google Acadêmico)
- Análise do fluxo acadêmico dos alunos de engenharia da UFC: uma aplicação na cadeia de Markov – Amaral, Caio Costa do. (Google Acadêmico)
- Cadenas de Márkov ocultas discretas y los experimentos mendelianos – Amarilla, César Daniel. (SciELO)
- Cadenas de Markov en la mejora de los flujos de pacientes hospitalarios: un análisis bibliométrico – Sánchez-Suárez, Yasmin. et al. (SciELO)

Ano de publicação: 2025

- Stochastic conformance checking based on variable-length Markov chains – Ahrabi, Sima Sarv. et al. (*ScienceDirect*)
- Absorbing Markov chain model of PrEP drug adherence to estimate adherence decay rate and probability distribution in clinical trials – Chen, Yingqing; Dale, Renee; He, Hongyu. (*ScienceDirect*)

Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

A análise do quadro acima apresentado resultou em um total de 17 artigos, contemplando diferentes abordagens temáticas, mas um foco em comum no estudo das “Cadeias de Markov”. Os trabalhos foram organizados conforme o ano de publicação, abrangendo o período de 2021 a 2025, de diferentes bases de dados. Através dessa organização, foi possível identificar variações nos enfoques metodológicos e nas áreas de aplicação, refletindo a amplitude e a relevância do tema no contexto científico atual.

Os artigos analisados são provenientes de diferentes países, evidenciando a abrangência internacional das pesquisas relacionadas às Cadeias de Markov. Na Tabela 1 abaixo, estão organizadas as principais bases de dados utilizadas para a coleta dos estudos, com o destaque para *ScienceDirect*, Portal CAPES, Google Acadêmico e SciELO, que concentram a maior parte das publicações selecionadas.



Anais do Simpósio Acadêmico de Engenharia de Produção (SAEPRO) da EEL-USP

IX SAEPRO – 25 e 26 de novembro de 2025

Tabela 1 - Quantidade de publicações por base de dados.

Base de Dados	Publicação
<i>ScienceDirect</i>	3179
Portal CAPES	372
Google Acadêmico	69
SciELO	21

Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

Conforme o levantamento, a busca pelo termo *Markov Chains* e no período temporal de 2021 à 2025 revelou resultados distintos em quatro bases de dados. Na *ScienceDirect*, a pesquisa foi filtrada por "*Review Articles*", o que resultou em 3.179 publicações. Em seguida, o Portal CAPES apresentou 372 artigos, utilizando os filtros "Artigo" e "Produção Nacional". Em contrapartida, o Google Acadêmico aplicando os filtros "Artigos de Revisão" e "Pesquisar Páginas em Português", retornou 69 resultados. Na última base de pesquisa, a SciELO totalizou 21 artigos, aplicando o filtro de período e a opção "Todos" nas coleções. Em relação à distribuição geográfica, os 17 artigos selecionados para a revisão sistemática foram provenientes de nove países diferentes, demonstrando a diversidade e o alcance internacional das pesquisas. As informações sobre essa distribuição estão na Tabela 2 abaixo.

Tabela 2 - Número de publicações por país.

País	Nº de Publicações
Brasil	8
China	2
Cuba	1
Estados Unidos	1
Iraque	1
Itália	1
Irã	1
Paraguai	1

Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

Entre os países analisados, Brasil e China obtiveram o maior número de publicações relacionadas ao tema. Esse resultado se deve, em parte, à prioridade dada a artigos em

língua portuguesa, o que naturalmente ampliou a presença de trabalhos desenvolvidos em instituições brasileiras, entre elas destacam-se a Universidade Federal de Alagoas e a Universidade Federal Rural de Pernambuco, cada uma responsável por 2 artigos dentre os 17 trabalhos analisados nesta revisão sistemática. Por fim, os demais países aparecem em menor proporção em razão desse critério de seleção.

4.2. Análise das palavras-chaves

Em sequência, ao utilizar o termo *Markov chains* com opções de “Artigo” ou “Revisão sistemática” em todas as bases de pesquisas citadas anteriormente, os principais temas encontrados estão na Tabela 3 abaixo:

Tabela 3 - Número de publicações baseados nos temas encontrados.

Temas	Nº de Publicações
Cadeias de Markov	15
Revisão Sistemática	4
Engenharia de Produção	4
Precipitação	4
Processo	2
Análise Bibliométrica	2
Processo Analítico hierárquico	2
Pesquisa Operacional	2
Processos	2
Cultivos	2
Temperatura	2
pH do Solo	2
Gestão Hospitalar	2
Fluxo de Pacientes	2

Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

De acordo com as informações acima, é possível destacar as principais áreas de aplicações da cadeia de Markov, como a pesquisa operacional, processos cultivos, temperatura, pH do solo, gestão hospitalar e o fluxo de pacientes.



5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A elaboração de uma revisão sistemática sobre cadeias de Markov é fundamental para selecionar, investigar e consolidar os estudos a respeito desse modelo probabilístico, que utiliza da previsibilidade baseada nos dados atuais, desconsiderando o histórico do problema analisado. Por meio de uma abordagem metodológica, a revisão sistemática busca mapear a literatura existente, permitindo a identificação de lacunas, a coleta de informações para pesquisas futuras e oportunidades de ampliação das investigações sobre o tema.

A metodologia adotada consistiu, de forma sintetizada, nas seguintes etapas: definição do tema e dos objetivos, seleção das palavras-chave, identificação das fontes de dados, estabelecimento dos critérios de inclusão e exclusão, escolha dos artigos e elaboração do artigo estruturado em tópicos - introdução, referencial teórico, procedimentos metodológicos, panorama dos resultados e considerações finais.

De acordo com os resultados, foi possível observar que o tema Cadeias de Markov tem sido amplamente abordado na literatura científica, conforme identificado nos 17 artigos selecionados para esta revisão, publicados entre os anos de 2021 e 2025. As diferentes origens nacionais das publicações demonstram o interesse global sobre o assunto. Além disso, a organização dos dados em fontes distintas, em destaque para o *ScienceDirect* com 2740 publicações e o Portal Capes com 371 artigos demonstram o alto volume de resultados sobre o assunto abordado. Outras bases como o Google Acadêmico e o SciELO apresentaram, respectivamente, 86 e 21 publicações, contribuindo para a diversidade e abrangência da revisão.

Diante das análises realizadas, conclui-se que há relevância e aplicabilidade das Cadeias de Markov em diferentes contextos acadêmicos e internacionais. A coleta em múltiplas bases e a presença de estudos em diferentes países comprovam o constante interesse acadêmico por esse modelo estocástico. Com base nisso, o presente trabalho desenvolveu uma metodologia de revisão sistemática voltada para a área de Engenharia de Produção, com ênfase nas Cadeias de Markov. Dessa forma, a investigação, análise e sintetização do conhecimento de forma contínua pode revelar lacunas e oportunidades para futuras



Anais do Simpósio Acadêmico de Engenharia de Produção (SAEPRO) da EEL-USP

IX SAEPRO – 25 e 26 de novembro de 2025

pesquisas, contribuindo significativamente para o avanço teórico e prático no campo das Cadeias de Markov.

6. REFERÊNCIAS

AFONSO, M. H. F. et al. Como construir conhecimento sobre o tema de pesquisa? Aplicação do processo Proknow-C na busca de literatura sobre avaliação do desenvolvimento sustentável. *Revista de Gestão Social e Ambiental*, v. 5, n. 2, p. 47-62, 2011.

AMARAL, Caio Costa do. *Análise do fluxo acadêmico dos alunos de engenharia da UFC: uma aplicação na cadeia de Markov*. 2023. 103 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Teleinformática) - Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2023. Disponível em: <http://repositorio.ufc.br/handle/riufc/74084>. Acesso em: 04 jun. 2025.

AMARILLA, César Daniel. *Cadenas de Márkov ocultas discretas y los experimentos mendelianos*. Rep. cient. FACEN, San Lorenzo, v. 15, n. 1, p. 15-32, June 2024. Disponível em: http://scielo.iics.una.py/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2222-145X2024000100015&lng=en&nrm=iso. acesso em 04 jun. 2025.

BOOTH, A.; PAPADATOU, P.; SUTTON, A. Systematic searching: practical ideas for improving the search for evidence. *Health Information & Libraries Journal*, v. 29, n. 1, p. 2-11, mar. 2012.

CORDEIRO, A. M. et al. Revisão sistemática: uma revisão narrativa. *Revista do Colégio Brasileiro de Cirurgiões*, v. 34, n. 6, p. 428-431, 2007.

DALE, Renee; HE, Hongyu; CHEN, Yingqing. Absorbing Markov chain model of PrEP drug adherence to estimate adherence decay rate and probability distribution in clinical trials. *Journal of Theoretical Biology*, v. 604, p. 112086, 2025. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022519325000529>. Acesso em: 4 jun. 2024.

DEBOM, Henrique.; CHIWIACOWSKY, Leonardo Dagnino. *Aplicação Da Cadeia De Markov No Estudo Da Transição De Produtos Extrudados Em Uma Empresa Do Ramo Plástico*. ABEPRO. DOI: 10.14488/enegep2023_tn_st_401_1972_46217. Disponível em: <https://www.abepro.org.br/publicacoes/artigo.asp?e=enegep&a=2023&c=46217>. Acesso em: 4 jun. 2025.



Anais do Simpósio Acadêmico de Engenharia de Produção (SAEPRO) da EEL-USP

IX SAEPRO – 25 e 26 de novembro de 2025

DE-LA-TORRE-UGARTE-GUANILO, M. C.; TAKAHASHI, R. F.; BERTOLOZZI, M. R. Revisão sistemática: noções gerais. *Revista da Escola de Enfermagem da USP*, v. 45, n. 5, p. 1260-1266, 2011.

DENYER, D.; TRANFIELD, D. Producing a systematic review. In: BUCHANAN, D. A.; BRYMAN, A. (Eds.). *The SAGE handbook of organizational research methods*. Sage Publications, p. 671-689, 2009.

FENG, Yue et al. *Risk assessment and simulation of gas pipeline leakage based on Markov chain theory*. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, v. 91, p. 105370, 2024. Disponível em: <https://www.google.com/url?q=https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0950423024001281&sa=D&source=docs&ust=1749051515662061&usg=AOvVaw04F2gPWa7uI-83W0qOxORS>. Acesso em: 4 jun. 2025.

GALVÃO, T. F.; PEREIRA, M. G. Revisões sistemáticas da literatura: princípios e prática. *Epidemiologia e Serviços de Saúde*, v. 23, n. 3, p. 577-581, 2014.

GUNNELL, D. et al. (2022). Suicide and self-harm in low- and middle-income countries during the COVID-19 pandemic. *A systematic review*. *PLOS Global Public Health*, v. 2, n. 6, e0000282.

HILLIER, F. S.; LIEBERMAN, G. J. *Introdução à pesquisa operacional*. 11. ed. Porto Alegre: AMGH, 2021.

INCERTO, Emilio; VANDIN, Andrea; AHRABI, Sima Sarv. *Stochastic conformance checking based on variable-length Markov chains*. *Information Systems*, p. 102561, 2025. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0306437925000456>. Acesso em: 4 jun. 2025.

LACERDA, R. T. O.; ENSSLIN, L. ENSSLIN, S. R Uma análise bibliométrica da literatura sobre estratégia e avaliação de desempenho. *Gestão & Produção*, v. 19, n. 1, p. 59-78, 2012.

LAURETTO, M. S. *Métodos Computacionais Intensivos em Estatística*. In: DELATTRE, H. S.; LAURETTO, M. S. (Org.). *Estatística Computacional*. São Paulo: EdUSP, 2007. p. 101-132.

LIMA, Jéssica Valéria Gomes Vilar. *Ferramentas computacionais de apoio às aplicações de cadeias de Markov na Engenharia de Produção*. 58 f. 2024. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Produção) - Unidade Delmiro Gouveia - Campus do Sertão, Universidade Federal de Alagoas, Delmiro Gouveia, 2025. Disponível em: <http://www.repositorio.ufal.br/jspui/handle/123456789/15230>. Acesso em: 04 jun. 2025.



Anais do Simpósio Acadêmico de Engenharia de Produção (SAEPRO) da EEL-USP

IX SAEPRO – 25 e 26 de novembro de 2025

LOUZADA NETO, F. Modelos de Confiabilidade: Teoria e Aplicações. *Revista Brasileira de Estatística*, v. 63, p. 205-220, 2002.

LUCAMBIO, F. *Cadeias de Markov - Parte I: Introdução*. Curitiba: Departamento de Estatística, Universidade Federal do Paraná, 2020. Disponível em: http://leg.ufpr.br/~lucambio/CE231/Cadeias_de_Markov_1.pdf. Acesso em: 6 jun. 2025.

MAHMOODZADEH, Arsalan et al. Predicting construction time and cost of tunnels using Markov chain model considering opinions of experts. *Tunnelling and Underground Space Technology*, v. 116, p. 104109, 2021. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S088677982100300X#section-cited-by>. Acesso em: 4 jun. 2025.

MOHER, D. et al. Preferred reporting items for systematic review and meta-analysis protocols (PRISMA-P) 2015 statement. *Systematic Reviews*, v. 4, n. 1, p. 1, 2009.

NUNES, J. E. de O.; SOUZA NETO, J. V. de.; SILVA, M. M. de L.; CORDEIRO, N. M.; PESSOA, R... V. S.; BARRETO, I. D. de C.; BEJAN, L. B.; STOSIC, T. Wind speed analysis using Markov chain. *Research, Society and Development*, [S. l.], v. 10, n. 9, p. e3610917435, 2021. DOI: 10.33448/rsd-v10i9.17435. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/17435>. Acesso em: 4 jun. 2025.

OTT, Margot Bertolucci. *Tendências Ideológicas no Ensino de Primeiro Grau*. Porto Alegre: UFRGS, 1983. 214 p. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Educação, Faculdade de Educação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1983.

PAI, M. et al. (2004). Systematic reviews and meta-analyses: an introduction. *Journal of Clinical Epidemiology*, v. 57, n. 9, p. 899-904.

PINTO, Thiago Moreira et al. *Estimativa de parâmetros usando a técnica Monte Carlo via Cadeia de Markov aplicados a modelos epidemiológicos para Covid-19 no estado do Pará*. *Conjecturas*, v. 22, n. 1, p. 750-764, 2022. Disponível em: <https://www.periodicos.capes.gov.br/index.php/acervo/buscar.html?task=detalhes&source=all&id=W4210574700>. Acesso em: 4 jun. 2025.

RETHLEFSEN, M. L. et al. PRISMA-S: an extension to the PRISMA Statement for Reporting Literature Searches in Systematic Reviews. *Systematic Reviews*, v. 10, n. 1, p. 39, 2021.

ROSENZWEIG, E. D.; EASTON, G. S. Tradeoffs in manufacturing? A meta-analysis and critique of the literature. *Production and Operations Management*, v. 19, n. 2, p. 127-141, 2010.



Anais do Simpósio Acadêmico de Engenharia de Produção (SAEPRO) da EEL-USP

IX SAEPRO – 25 e 26 de novembro de 2025

SÁNCHEZ-BARROSO MORENO, Gonzalo et al. *Markov chains estimation of the optimal periodicity for cleaning photovoltaic panels installed in the dehesa*. 2021. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960148121010806#section-cited-by>. Acesso em: 4 jun. 2025.

SANCHEZ-SUAREZ, Yasniel; MARQUES-LEON, Maylin; SANCHEZ-CASTILLO, Verence. *Markov chains in the improvement of hospital patient flows: a bibliometric analysis*. Rev. Med. Eléctron., Matanzas, v. 46, p., 2024. Disponível em: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1684-18242024000100065&lng=es&nrm=iso. Acesso em: 04 jun. 2025.

SILVA, Júlio Cesar Martins Oliveira da. *Cadeias de Markov na engenharia de produção: um panorama das Aplicações*. 56 f. 2024. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Produção) - Unidade Delmiro Gouveia - Campus do Sertão, Universidade Federal de Alagoas, Delmiro Gouveia, 2024. Disponível em: <http://www.repositorio.ufal.br/jspui/handle/123456789/15203>. Acesso em: 04 jun. 2025.

SILVA, S. J. da.; SOUZA, S. R. R. de.; SILVA, A. E. B. da.; SILVA, J. A. A. da.; JALE, J. S.; STOSIC, T. Markov Chain: An analysis of the precipitation levels in the Metropolitan Region of Recife-PE. *Research, Society and Development*, [S. l.], v. 12, n. 8, p. e0512842766, 2023. DOI: 10.33448/rsd-v12i8.42766. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/42766>. Acesso em: 4 jun. 2025.

TAHA, H. A. *Pesquisa operacional*. 10. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2017.

VARGAS, V. B.; CORSO, L.; VALLEJOS, R. V. *Markov chains to determine the probability of climate change for planting selection in the city of Caxias do Sul*. Ciência Rural, v. 52, n. 4, p. e20210840, 2022. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cr/a/mgqqWh7YzSc6DKMNv9Dmjwx/?lang=en>. Acesso em: 04 jun. 2025.

WASIQ, Samiulhaq; GOLROO, Amir. *Probabilistic pavement performance modeling using hybrid Markov chain: A case study in Afghanistan*. *Case Studies in Construction Materials*, v. 20, p. e03023, 2024. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214509524001748#section-cited-by>. Acesso em: 4 jun. 2025.

ZHANG, Wei-Ping et al. Corrosion evolution of steel bars in RC structures based on Markov chain modeling. *Structural Safety*, v. 88, p. 102037, 2021. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167473020301156#section-cited-by>. Acesso em: 4 jun. 2025.