

# Levantamento Bibliográfico com Foco em *Object-Relational Mapping* em Ambientes de Desenvolvimento de Software

Denilson Silva Marçal  
UNIFACCAMP

Campo Limpo Paulista, SP, Brasil  
e-mail: denilson.marcal.professor@gmail.com

Maria do Carmo Nicoletti  
UNIFACCAMP

Campo Limpo Paulista, SP, Brasil  
e-mail: carmo@cc.unifaccamp.br

## RESUMO

*O artigo aborda e analisa resultados de um levantamento bibliográfico realizado, direcionado à busca de pesquisas recentes de projetos computacionais inovadores em ambientes computacionais que: (1) usam a estratégia Object-Relational Mapping (ORM), (2) empregam linguagem natural e (3) implementam estruturas de dados com o objetivo de promover os processos envolvidos. A motivação principal foi a de identificar trabalhos de pesquisa que fornecem um panorama geral e abrangente de tais propostas e, particularmente, dos recursos computacionais empregados por elas, que poderiam subsidiar o desenvolvimento de sistemas computacionais que necessitam de interações complexas com bases de dados relacionais, como é o caso do projeto de pesquisa sendo conduzido pelo primeiro autor.*

## ABSTRACT

*The article addresses and analyzes results of a bibliographical survey carried out, aimed at searching for recent research on innovative computational projects in computational environments that: (1) use the Object-Relational Mapping (ORM) strategy, (2) employ natural language and (3) implement data structures with the aim of promoting the processes involved. The main motivation was to identify research works that provide a general and comprehensive overview of such proposals and, particularly, of the computational resources used by them, which could support the development of computational systems that require complex interactions with relational databases, as is the case of the research being conducted by the first author.*

## 1.Introdução

A abordagem conhecida como *Object-Relational Mapping* (ORM), Ambler (1997), Lorenz and Rudolph (2016), Rickerby (2015), Sivakumar, Balachander, Logu and Jannali (2021), Teixeira (2017), desempenha um papel fundamental no desenvolvimento de sistemas de software modernos, permitindo que desenvolvedores de software trabalhem com estruturas de dados caracterizadas como objetos, ao invés de tabelas e consultas SQL. No entanto, muitas abordagens tradicionais de ORM enfrentam desafios relacionados ao desempenho e ao consumo excessivo de memória, especialmente em cenários que envolvem grandes volumes de dados.

O uso de linguagem natural no desenvolvimento de software tem alcançado destaque nos últimos anos, pois permite que desenvolvedores expressem suas intenções de maneira mais clara e concisa, Ernst (2017). Em um ambiente de software que envolve ORM, a utilização da linguagem natural possibilita que desenvolvedores

possam adotar uma descrição mais próxima à forma como as pessoas se comunicam, o que pode, de certa maneira, influenciar o código produzido tornando-o mais legível e, com isso, facilitar sua compreensão e sua manutenção. Além disso, a proposta e implementação de novos padrões que se baseiam em estrutura de dados existentes, que são conhecidas por suas eficiências quando da busca e do armazenamento de dados, colaboram com o processo de desenvolvimento de software. A utilização dessas estruturas permite uma recuperação mais rápida de informações particularmente quando auxiliada por uma função de *hash* eficiente, reduzindo a necessidade de inspecionar conjuntos volumosos de dados. Esse procedimento pode resultar em ganhos significativos de desempenho e, também, em uma redução do consumo de memória, especialmente em cenários que envolvem grandes quantidades de objetos relacionais.

Uma pesquisa que vem sendo conduzida e que motivou o levantamento bibliográfico descrito nesse artigo está voltada à exploração da combinação de linguagem natural com estrutura de dados. Ao explorar tal combinação a pesquisa visa contribuir para o avanço de ORM, oferecendo uma solução mais eficiente e escalonável para a interação com base de dados relacional (RDBs), Codd (1970), Blaha, Premerlani and Rumbaugh (1988). Presume-se que por meio de experimentos e testes de desempenho, será possível avaliar a eficácia e os benefícios da abordagem que se pretende, em comparação com os ORMs tradicionais. Assim, com o auxílio fornecido pelo levantamento bibliográfico descrito nesse artigo, a pesquisa sendo desenvolvida apresenta uma proposta inovadora em ambientes ORMs, que visa melhorar o desempenho e otimizar o consumo de memória por meio da implementação de um padrão de projeto que utiliza linguagem natural e estrutura de dados.

As demais seções desse artigo estão organizadas da seguinte maneira: a Seção 2 descreve brevemente metodologias e parâmetros relacionados que foram utilizados para conduzir o levantamento bibliográfico inicial, relacionado ao projeto de pesquisa em desenvolvimento com foco em ORM utilizando DAO (*Data Access Object*). A Seção 3 apresenta os critérios utilizados para a redução do alto volume de artigos coletados durante o levantamento bibliográfico inicial, bem como uma descrição resumida dos artigos que relatam trabalhos de interesse para a pesquisa sendo desenvolvida. A Seção 4 finaliza o artigo com a apresentação dos artigos selecionados e da satisfatibilidade dos critérios utilizados no processo de seleção e uma breve consideração sobre a contribuição do levantamento bibliográfico realizado.

## **2. Metodologias Utilizadas no Levantamento Bibliográfico Inicial**

O levantamento bibliográfico conduzido majoritariamente na área de conhecimento de Computação e de Sistemas Computacionais e apresentado neste artigo teve início com o uso da conhecida metodologia de Kitchenham (1993), Kitchenham (1996a) Kitchenham (1996b), Kitchenham, Linkman and Law (1997). O levantamento foi direcionado pelas respostas às seguintes questões de pesquisa: “*Quais são as abordagens utilizadas para padrão de projeto para mapeamento de objeto relacional utilizando base de dados relacional?*” e “*Quais são os protótipos utilizados como padrão de projeto em um ambiente computacional que emprega ORMs?*”

Um procedimento exploratório preliminar levando em conta as questões de pesquisa foi conduzido com o objetivo de levantar insumos necessários à busca pretendida, o que resultou na especificação de alguns valores de parâmetros de pesquisa, a saber: intervalo de tempo (em anos) de abrangência da busca, bases de publicações

científicas escolhidas e palavras-chave a serem utilizadas. A escolha do período de busca (2012 a 2023) foi motivada para priorizar pesquisas mais recentes. A *string* de busca utilizada (adaptada a sintaxe de cada base) foi: “*design AND pattern AND database AND object AND relational AND mapping AND uml AND diagram AND class AND association AND aggregation AND sql*”.

É importante informar que, além da busca de artigos relacionados à pesquisa sendo realizada empregando a metodologia de Kitchenham, foram também buscados na Web, por meio do Google Scholar, artigos de interesse ao trabalho, usando como palavras-chave a sigla ORM. A motivação para o uso do Google Scholar foi impulsionada pelo fator financeiro envolvido na obtenção de determinados artigos de interesse que implicavam compra do texto associado.

### **3. Resultados Obtidos com o Levantamento Bibliográfico Inicial**

A execução da busca de artigos científicos de interesse em bases científicas renomadas relacionadas às áreas de interesse teve como retorno 99 artigos em que: 52 foram publicados em periódicos da Springer, 22 em periódicos da IEEE e, 25 de periódicos publicados da ACM. Os 99 artigos foram submetidos a um processo de escolha dos que se mostraram mais relevantes à pesquisa sendo conduzida.

Tal processo foi implementado com o estabelecimento de critérios de inclusão/exclusão baseados na relevância da contribuição científica de cada artigo, avaliada por meio da identificação dos principais objetivos da pesquisa: (A) automatização do uso da tecnologia, (M) abordagem do uso de metodologias específicas e (R) resultados apresentados.

#### **3.1 Comentários sobre Artigos Direcionados a *Design Patterns* e *Frameworks***

Seis dos artigos coletados e escolhidos relatam trabalhos baseados em novos padrões de projetos e frameworks. São eles:

(1) Krótkiewicz and Jodłowiec (2017) – o artigo descreve brevemente uma discussão sobre o conceito de auto-referência padrão em *design* de base de dados (relação recursiva), que permite elementos referenciarem diretamente outros elementos desde que compartilhem o mesmo tipo. Os autores apresentam uma modelagem de relacionamentos auto-referenciáveis baseada em técnicas orientadas à associação, bem como investigam meta-modelos de base de dados com relação às suas capacidades semânticas, ou seja, liberdade de definir a multiplicidade em ambos os lados dos relacionamentos, conectando associações umas com as outras e a composição fornecendo dependência vitalícia.

(2) Voronov (2012) – o autor propõe uma arquitetura baseada em padrões de projeto e unidade de armazenamento e apresenta resultados obtidos com o uso de uma abordagem que automatiza o uso da tecnologia proposta para ambientes de desenvolvimento integrados.

(3) Veeramani, Venkatesan and Nalinadevi (2014) – os autores propõem uma abordagem voltada à exploração do mapeamento um a um entre diagramas estruturais e código orientado a objetos.

(4) Egea and Dania (2017) – o artigo trata da apresentação detalhada de um novo mapeamento de expressões OCL (*Object Constraint Language* ou Linguagem para Especificação de Restrições em Objetos) para procedimentos armazenados PL/SQL. A PL/SQL é uma linguagem processual projetada especificamente para incluir instruções SQL em sua sintaxe.

(5) Burger, Henss, Küster, Kruse and Happe (2014) – os autores propõem uma abordagem rápida para a criação de visualizações de maneira que, usando um modelo textual legível para humanos, os desenvolvedores podem definir exibições personalizadas de forma declarativa sem ter que escrever transformações de modelo ou definir um meta-modelo.

(6) Panetto, Debruyne, Hepp, Lewis, Ardagna and Meersman (2019) – os autores tiveram como objetivo fornecer uma formalização para regras de derivação ORM, visando estender o raciocínio automatizado em diagramas equipados com Regras de Derivação.

### **3.2 Comentários sobre Artigos que têm Foco em Especificidades das Metodologias de Desenvolvimento de Sistemas Adotadas**

Sete dos artigos coletados e escolhidos relatam trabalhos baseados em novos padrões de projetos e *frameworks*. São eles:

(1) Lin, Lin and Huang (2016) – o artigo apresenta uma análise estendida e um mecanismo de *design* para subsidiar uma extensa discussão sobre o conceito de herança entre classes. O texto aborda também a possível interferência que o uso desse conceito pode causar, uma vez que pode afetar o *design* de comportamentos de objetos e, com isso, impactar ainda mais o acesso a bases de dados.

(2) Roy-Hubara and Sturm (2018) – os autores revisitam abordagens de *design* de base de dados e de mecanismos para exploração de requisitos.

(3) Bova and Lezhebokov (2015) – no artigo os autores examinam possibilidades do emprego de abordagens semânticas para o problema de integração de múltiplas ontologias, com o intuito de promover interoperabilidade de dados e de representação de conhecimento em sistemas de informação inteligentes.

(4) Mäder and Cleland-Huang (2012) – o artigo propõe uma nova abordagem que define estratégias de rastreabilidade associadas a um projeto por meio de diagramas de classes UML (*Unified Modeling Language*) construindo, na sequência, consultas de rastreamento como restrições sobre subconjuntos do modelo, usando diagramas de classe UML. A linguagem de modelagem de rastreamento visual (VTML) permite que usuários modelem uma ampla variedade de consultas de rastreamento enquanto oculta detalhes técnicos e estruturas de dados subjacentes.

(5) Neumayr, Schuetz, Jeusfeld and Schrefl (2016) – os autores apresentam uma abordagem de modelagem multinível de propósito geral, com foco nos requisitos de modelagem conceitual de dados. De acordo com os autores a modelagem multinível facilita a definição e manutenção de modelos de dados conceituais integrados em ambientes dinâmicos de mudanças nos requisitos de dados de diversas aplicações –

pode ser dito que modelos multinível transcendem a separação tradicional entre classe e objeto, permitindo maior flexibilidade na representação de casos do mundo real.

(6) Sharma and Vishwakarma (2012) – no artigo os autores alertam sobre a importância da verificação do processo de modelagem sob o paradigma orientado a objetos, bem como a importância da validação dos modelos, para garantir que os modelos sendo desenvolvidos sejam precisos para produzir, com qualidade, o produto correto.

(7) Misbhauddin and Alshayeb (2017) – como comentado pelos autores, a arquitetura orientada a modelos e a popularidade da UML facilitaram a aplicação de refatoração em nível de modelo que, anteriormente, era aplicada ao código. O artigo propõe uma abordagem integrada de múltiplas visões para refatoração orientada a modelos, usando modelos UML e selecionando um único modelo de cada visualização UML no nível do meta-modelo para construir um meta-modelo integrado. Os autores selecionaram *diagrama de classes* para representar a visão estrutural, *diagrama de sequência* para representar a visão comportamental e *diagrama de casos de uso* para representar a visão funcional. Os autores validaram a abordagem proposta comparando a abordagem de refatoração integrada com a refatoração aplicada a modelos individualmente em termos de melhoria de qualidade, por meio de métricas de modelo UML.

É importante mencionar que um trabalho acadêmico de interesse, com foco em revisão sistemática, Kojić and Milićev (2015), foi identificado no decorrer da análise dos estudos coletados. A Tabela 1 apresenta os critérios (objetivos e aplicações) que o trabalho descrito em Kojić and Milićev (2015) satisfaz e aqueles que os artigos coletados durante o levantamento bibliográfico conduzido e descrito neste artigo contemplam (referenciado como Esse Estudo na tabela). O estudo conduzido pelos autores em Kojić and Milićev (2015) têm por foco ORM, visando explorar técnicas de otimização inteligente do paradigma relacional que abandonam a normalização e seus efeitos positivos trocando-os por um melhor desempenho. Os autores abordam ORM combinando transformações clássicas de desnormalização baseadas na redução ou eliminação de operações de bases de dados caracterizadas como caras, pela reestruturação do modelo, aplicando-as a um modelo UML conceitual não redundante. O artigo Kojić and Milićev (2015) se diferencia dos demais no seguinte aspecto: implementa o padrão de projeto incluindo a implementação da estrutura de objetos para otimização de consumo de memória, enquanto as revisões existentes buscam majoritariamente apresentar *frameworks* de modelagem conceitual.

**Tabela 1.** Critérios utilizados para diminuição do volume de trabalhos selecionados.

**Objetivos:** **A:** automatização do uso da tecnologia, **M:** abordagem do uso de metodologias específicas e **O:** otimização de uso de memória.

**Aplicações:** **1:** Definição do modelo de objetos, **2:** Desenvolvimento da lógica de negócio, **3:** Sistemas integrados.

Referências	Objetivos			Aplicações		
	A	M	O	1	2	3
Kojić and Milićev (2015)	×	×		×	×	×
Esse Estudo	×	×	×	×	×	×

#### 4. Discussão e Conclusão

Pode ser observado que a maioria dos trabalhos analisados está direcionada à linha de metodologia e geração automática de código com base em ORM, como evidenciado no resumo mostrado na Tabela 2. No entanto, dentre os artigos analisados apenas um aborda otimização do consumo de memória e poucos deles enfatizaram melhores práticas para a utilização de objeto de entidade, por meio de sua reutilização a partir da memória.

**Tabela 2.** Síntese dos Critérios Atendidos pelos Trabalhos Analisados

**Objetivos:** (A) Automatização do uso da tecnologia; (M) Abordagem do uso da metodologia.

**Aplicações:** (1) Definição do modelo de objetos; (2) Desenvolvimento da lógica de negócio; e (3) Sistemas integrados.

Referência	Objetivos		Aplicações		
	A	M	1	2	3
Lin, Lin and Huang (2016)		×	×		×
Voronov (2012)	×	×			×
Bova, Kureichika and Lezhebokov (2015)		×		×	×
Egea and Dania (2017)	×	×			×
Roy-Hubara and Sturm (2018)		×		×	×
Misbhauddin and Alshayeb (2017)		×	×	×	×
Neumayr, Schuetz, Jeusfeld and Schrefl (2016)	×	×	×	×	×
Burger, Henss, Küster, Kruse and Happe (2014)	×	×	×		×
Mäder and Cleland-Huang (2012)	×	×		×	×
Krótkiewicz and Jodłowiec (2017)		×	×	×	×
Panetto, Debruyne, Hepp, Lewis, Ardagna and Meersman (2019)		×	×	×	×
Veeramani, Venkatesan, Nalinadevi (2014)	×	×	×		×
Sharma, Vishwakarma (2012)		×		×	×

#### Referências

- Ambler S. W. (1997) “Mapping objects to relational databases”, AmbySoft Inc. White Paper.
- Blaha M. R., Premerlani, W. J. and Rumbaugh J. E. (1988), “Relational database design using an object-oriented methodology”, *Communications of the ACM*, v. 31, no. 4, pp. 414 - 427.
- Bova V. V., Kureichik V. V., Lezhebokov A. A. (2015) “Integration of ontologies in scope of model and conceptual semantics: modified approach”, In: Proceedings of the 9th International Conference on Application of Information and Communication Technologies (AICT), pp. 156-160, doi:10.1109/icaict.2015.7338537.
- Burger, E., Henss, J., Küster, M., Kruse, S. and Happe, L. (2014) “View-based model-driven software development with ModelJoin”, *Software & Systems Modeling*, v. 15, no. 2, pp. 473–496. doi:10.1007/s10270-014-0413-5.

- Codd, E. F. (1970) "A relational model of data for large shared data banks", *Communications of the ACM*, v. 13, no. 5, pp. 377-387.
- Egea, M. and Dania, C. (2017) SQL-PL4OCL: "An automatic code generator from OCL to SQL procedural language", *Software & Systems Modeling*, v. 18, pp. 769-791. doi:10.1007/s10270-017-0597-6.
- Ernest, M. D. (2017) "Natural language is a programming language: applying natural language processing to software development", 2<sup>nd</sup> Summit on Advances in Programming Languages (SNAPL 2017), Editors: Benjamin S. Lerner, Rastislav Bodík, and Shriram Krishnamurthi, Article No. 4; pp. 4:1–4:14, Leibniz International Proceedings in Informatics Schloss Dagstuhl – Leibniz-Zentrum für Informatik, Dagstuhl Publishing, Germany.
- Kitchenham, B. A. (1993) "A methodology for evaluating software engineering methods and tools" In: Rombach, H. D., Basili, V. R., Selby, R. W. (eds) *Experimental Software Engineering Issues: Critical Assessment and Future Directions*. Lecture Notes in Computer Science, v. 706. Springer, Berlin, Heidelberg. [https://doi.org/10.1007/3-540-57092-6\\_110](https://doi.org/10.1007/3-540-57092-6_110)
- Kitchenham, B. A. (1996) "Evaluating software engineering methods and tool Part 1: The Evaluation Context and Evaluation Methods", *ACM SIGSOFT Software Engineering Notes*, v.21, no 1. pp, 11-15.
- Kitchenham, B. A. (1996) "Evaluating software engineering methods and tool Part 2: Selecting an Appropriate Evaluation Method - technical criteria", *ACM SIGSOFT Software Engineering Notes*, v. 21, no 2. pp, 11-15.
- Kitchenham, B. A. and Linkman, S. and Law, D. (1997) "DESMET: a methodology for evaluating software engineering methods and tools", *IET Digital Library*, v. 6, no. 3, pp. 120-126, doi: 10.1049/cce:19970304.
- Kojić, N. and Milićev, D. (2015) "A survey of object-relational transformation patterns for high-performance UML-based applications.", In: 2015 3rd International Conference on Model-Driven Engineering and Software Development (MODELSWARD).
- Krótkiewicz, M. and Jodłowiec, M. (2017) "Modeling autoreferential relationships in association-oriented database metamodel", *Advances in Intelligent Systems and Computing*, pp. 49–62. doi:10.1007/978-3-319-67229-8\_5.
- Lin, J., Lin, L. C. and Huang, S. (2016) "Improving system performance by extending inheritance analysis and design", In: *Proceedings of the 2016 International Conference on Applied System Innovation (ICASI)*, Okinawa, Japan, pp. 1-3, doi:10.1109/ICASI.2016.7539761.
- Lorenz, M., Hesse, G. and Rudolph, J.-P. (2016) "Object-relational mapping revised - a guideline review and consolidation", In: *Proceedings of the 11th International Joint Conference on Software Technologies (ICSOFT 2016)*, v. 1, ICSOFT-EA, pp. 157-168. DOI: 10.5220/0005974201570168.

- Mäder, P. and Cleland-Huang J. (2012) “A visual language for modeling and executing traceability queries”, *Software & Systems Modeling*, v. 12, no. 3, pp. 537–553, doi:10.1007/s10270-012-0237.
- Misbhauddin, M. and Alshayeb, M. (2017) “An integrated metamodel-based approach to software model refactoring”, *Software & Systems Modeling*. doi:10.1007/s10270-017-0628-3, v. 18, pp 2013-2050.
- Neumayr, B., Schuetz, C. G., Jeusfeld, M. A., Schrefl, M. (2016) “Dual deep modeling: multi-level modeling with dual potencies and its formalization”, In: F-Logic, *Software & Systems Modeling*, v. 17, no. 1, pp. 233–268, doi:10.1007/s10270-016-0519-z.
- Panetto, H., Debruyne, C., Hepp, M., Lewis, D., Ardagna, C. A., Meersman, R. (Eds.). (2019) “On the Move to Meaningful Internet Systems:”, OTM 2019 Conferences, *Lecture Notes in Computer Science*. doi:10.1007/978-3-030-33246-4.
- Rickerby, M. (2015) “The Rise and Fall of Object Relational Mapping”, <https://maetl.net/talks/rise-and-fall-of-orm>. Acesso em: 5 out. 2014.
- Roy-Hubara, N., Sturm, A. (2018) “Exploring the Design Needs for the New Database Era”, *Lecture Notes in Business Information Processing*, pp. 276–290, doi:10.1007/978-3-319-91704-7\_18.
- Sivakumar, V., Balachander, T., Logu, M. and Jannali, R. (2021) “Object relational mapping framework performance impact”, *Turkish Journal of Computer and Mathematics Education (TURCOMAT)*, v. 12, no. 7, pp. 2516–2519. Retrieved from <https://turcomat.org/index.php/turkbilmat/article/view/3580>. Acesso em: 5 out. 2014.
- Sharma, M. and Vishwakarma, R. G. (2012) “CMMI based software metrics to evaluate OOAD”, In: Proceedings of the Second International Conference on Computational Science, Engineering and Information Technology - CCSEIT'12, pp. 19-25, doi:10.1145/2393216.2393220.
- Teixeira, M. H. (2017) “Impedância objeto relacional - O atrito natural entre os dois mundos”, *Tecnologia em Projeção*, vol. 8, no. 1, pp. 11-20.
- Veeramani, A. Venkatesan, K. and Nalinadevi, K. (2014) “Abstract Syntax Tree based Unified Modeling Language to Object Oriented Code Conversion”, In: Proceedings of the 2014 International Conference on Interdisciplinary Advances in Applied Computing - ICONIAAC'14, article no. 25, pp: 1-8, doi:10.1145/2660859.2660934.
- Voronov, E. (2012) “The creation of tools for integrated development environment for solving problem of corporate information systems design”, In: Proceedings of the 2012 7<sup>th</sup> International Forum on Strategic Technology (IFOST), Toms Russia, pp. 1-4, doi:10.1109/ifost.2012.6357663.