

Alocação Inteligente de Tarefas: Uma Abordagem Híbrida com Ontologias e Otimização Multicritério

Dahise Emanuely¹, Alana Brito¹, Ivaldir de Farias Junior¹, Luiz Tenório¹

¹Universidade de Pernambuco (UPE)
Garanhuns – PE – Brazil

desd@ecomp.poli.br, alanabritoc@upe.br
ivaldir.farias@upe.br, luiz.tenorio@upe.br

Abstract. *Strategic workforce allocation is a critical sociotechnical challenge in software project management. Although Generative AI (GAI) offers advanced decision support, it lacks adherence to deterministic business rules and transparency, compromising process governance. This paper proposes, through Design Science Research (DSR), a hybrid Intelligent Agent integrating a Domain Ontology for semantic validation, multi-criteria optimization for workload balancing, and a Retrieval-Augmented Generation (RAG) architecture for explainability. The approach maximizes skill matching while ensuring auditable decision support through natural language justifications, contributing a layer of logical compliance and transparency to managerial Information Systems.*

Resumo. *A alocação estratégica de profissionais é um desafio sociotécnico crítico na gestão de projetos de software. Embora a Inteligência Artificial Generativa (IAG) ofereça suporte à decisão, ela carece de aderência a regras determinísticas e de transparência, comprometendo a governança dos processos. Este artigo propõe, via Design Science Research (DSR), um Agente Inteligente híbrido que integra Ontologia de Domínio para validação semântica, otimização multicritério para equilíbrio da carga de trabalho e arquitetura Retrieval-Augmented Generation (RAG) para explicabilidade. A solução visa maximizar a compatibilidade de competências (skill matching), promovendo apoio à decisão gerencial auditável por meio de justificativas em linguagem natural.*

1. Introdução

A alocação estratégica de recursos humanos em projetos de software é reconhecida como um pilar crítico para o sucesso organizacional, com impacto direto sobre cronogramas, orçamentos e a qualidade das entregas [Sousa 2023]. A negligência ou falha nesse processo decisório desencadeia ciclos de risco severos, como a concentração de conhecimento em membros isolados, aumentando a vulnerabilidade à rotatividade e à sobrecarga sistêmica das equipes [Araújo 2018]. Para mitigar tais problemas, modelos de programação matemática têm sido explorados visando a otimização da força de trabalho em cenários complexos [Adams et al. 2023].

Nesse contexto, o avanço da IAG apresenta-se como uma oportunidade transformadora para qualificar a tomada de decisão gerencial [Jiang et al. 2025]. O uso de Large Language Models (LLMs), como o ChatGPT, possui o potencial de automatizar

processos burocráticos, permitindo que gestores se concentrem em estratégias de alto nível e na resolução de problemas complexos [Rane 2023, Ajaero and Anjorin 2024]. De fato, a aceitação dessas ferramentas no gerenciamento de projetos é crescente, com impactos positivos percebidos na cultura organizacional e nas práticas de trabalho [Aramali et al. 2025].

Entretanto, a literatura recente revela que a aplicação direta de IAG em tarefas que exigem rigor lógico e conformidade estrita enfrenta barreiras significativas. Conforme [Ardichvili et al. 2024], o caráter probabilístico das LLMs é insuficiente para garantir, de forma determinística, o cumprimento de regras de negócio rígidas, como senioridade mínima ou certificações legais obrigatórias. Além disso, a opacidade algorítmica desses modelos — a dificuldade de interpretar os processos internos de decisão — compromete a confiabilidade dos sistemas em domínios sensíveis [de Andrade 2022]. A presente proposta não elimina essa natureza probabilística, mas a complementa com camadas simbólicas que impõem restrições determinísticas e fundamentam as explicações geradas.

Esta pesquisa aborda essa lacuna ao propor um agente inteligente híbrido que integra a flexibilidade da IAG à robustez normativa de uma Ontologia de Domínio e a um modelo de otimização multicritério. No âmbito dos Sistemas de Informação, a proposta contribui com uma arquitetura que concilia a automação de decisões gerenciais com a auditabilidade exigida em ecossistemas organizacionais complexos. O objetivo é desenvolver e avaliar um artefato capaz de otimizar a alocação de tarefas em projetos de software, garantindo precisão semântica, cumprimento de regras de negócio e equilíbrio da carga de trabalho.

2. Referencial Teórico

2.1. Opacidade Algorítmica e Explainable AI (XAI)

A adoção de IA em decisões gerenciais enfrenta o desafio da opacidade algorítmica: sistemas de *deep learning* cujos processos internos não são transparentes ou facilmente interpretáveis. [de Andrade 2022] destaca que essa característica compromete a confiabilidade do sistema e argumenta pela transição para modelos de “caixa de vidro”, que possibilitem a auditoria e a identificação de vieses. No contexto deste trabalho, a explicabilidade é um requisito central para que as recomendações de alocação sejam rastreáveis e livres de distribuições injustas de carga.

2.2. Ontologias e Otimização na Alocação de Equipes

Diferentemente dos modelos puramente probabilísticos, as ontologias formais possibilitam a representação estruturada de competências e papéis, garantindo rigor semântico e rastreabilidade das informações [Paredes-Valverde et al. 2018]. O artefato proposto utiliza uma ontologia construída em OWL/RDF, composta por classes fundamentais como *Pessoa*, *Tarefa* e *Habilidade*. Essa estrutura permite a codificação de restrições de negócio determinísticas, como o nível mínimo de senioridade e certificações obrigatórias, validadas por meio de um motor de inferência *reasoner* via consultas SPARQL. Embora trabalhos como o de [Aktaş et al. 2025] apliquem ontologias para normalizar perfis em redes sociais, subsiste uma lacuna na integração dessa semântica ao fluxo dinâmico de projetos de software, aspecto que esta pesquisa visa preencher.

Para viabilizar o suporte à decisão gerencial com rigor normativo, propõe-se a integração de uma ontologia OWL/RDF a um modelo de otimização multicritério formulado como Programa Linear Inteiro (ILP). A ontologia atua como camada de conformidade semântica, garantindo que apenas candidatos que atendam às restrições de negócio, como nível mínimo de senioridade e certificações obrigatórias, sejam encaminhados ao otimizador. Este, por sua vez, busca simultaneamente a maximização do *skill match* e a minimização do desequilíbrio de carga de trabalho, com variáveis de decisão binárias ($x_{ij} \in \{0, 1\}$) sujeitas a restrições de capacidade e disponibilidade. Essa combinação preenche a lacuna identificada entre o rigor normativo das abordagens ontológicas e a capacidade de otimização matemática formal, ainda ausente em trabalhos como o de [Paredes-Valverde et al. 2018].

3. Trabalhos Relacionados

Quatro linhas de trabalho são diretamente relacionadas à proposta. [Otero et al. 2009] apresenta uma metodologia sistemática para alocação de recursos em projetos de software baseada em níveis de proficiência, entretanto, o modelo não incorpora semântica formal nem mecanismos de explicabilidade. [Paredes-Valverde et al. 2018] utiliza ontologias para explorar a similaridade semântica entre perfis, contudo, limita-se a recomendações qualitativas sem otimização matemática. [Silva and Costa 2013] desenvolve um modelo de decisão multicritério para alocação de RH em projetos de SI, obtendo resultados expressivos no balanceamento de carga, porém a ausência de validação semântica das competências abre espaço para alocações inconsistentes com restrições de negócio. Por fim, [Coutinho and Bezerra 2021] discute a eficiência da alocação sob a ótica da simulação de processos, focando no esforço da equipe.

A proposta deste artigo avança sobre essas abordagens ao articular ontologia, otimização e IAG em um fluxo integrado. Diferentemente de [Paredes-Valverde et al. 2018], incorpora-se otimização matemática formal; em relação aos demais, acrescenta-se a camada ontológica de conformidade e a geração de justificativas via RAG. Essa lacuna entre o rigor normativo e a flexibilidade das LLMs fundamenta a escolha da abordagem metodológica a seguir.

4. Método de Pesquisa

Esta pesquisa adota a *Design Science Research* (DSR), paradigma focado na criação e avaliação de artefatos para resolver problemas organizacionais complexos [Hevner et al. 2004]. Essa escolha fundamenta-se na necessidade de projetar uma solução técnica que concilie o rigor normativo das ontologias com a adaptabilidade da IA, preenchendo as lacunas de transparência identificadas na literatura [de Andrade 2022]. O fluxo metodológico do trabalho compreende a execução cíclica de etapas que conectam o rigor científico à relevância prática. O processo segue as seis fases propostas por [Peffers et al. 2007], conforme detalhado na Figura 1.

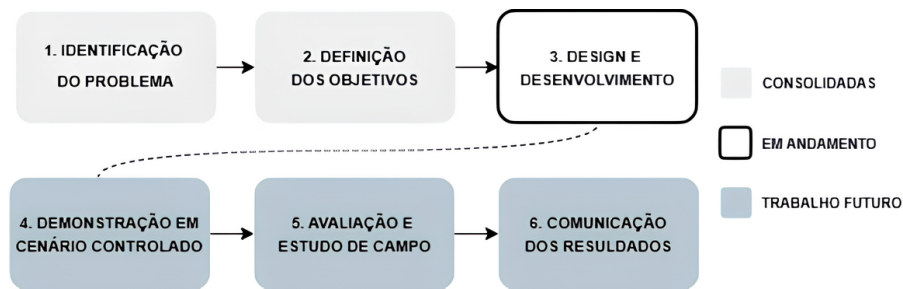


Figura 1. Processo de Design Science Research aplicado ao artefato.

As etapas operacionais consistem em (i) **identificação do problema e objetivos**, descritos anteriormente (ii) **design e desenvolvimento** do artefato (Seção 5); (iii) **demonstração** em cenário controlado com dados sintéticos; e (iv) **avaliação** via estudo de campo em duas organizações parceiras envolvendo equipes de 5 a 15 membros em projetos ágeis, com coleta de dados via ciclos reais de *sprint planning* e entrevistas semi-estruturadas, utilizando como métricas: (a) taxa de *skill match*; (b) índice de equilíbrio de carga; e (c) satisfação dos gestores (escala Likert). Por fim, a **comunicação** ocorre por este artigo e publicações futuras.

5. Arquitetura da Solução Híbrida

A arquitetura organiza-se em quatro camadas integradas (Figura 2): (1) o módulo RAG recupera contexto externo (políticas e histórico) para enriquecer os dados; (2) a Ontologia de Domínio valida semanticamente os candidatos e descarta alocações que violam restrições; (3) o Otimizador Multicritério gera alocações matematicamente ótimas; e (4) a IAG traduz o resultado em justificativas naturais.

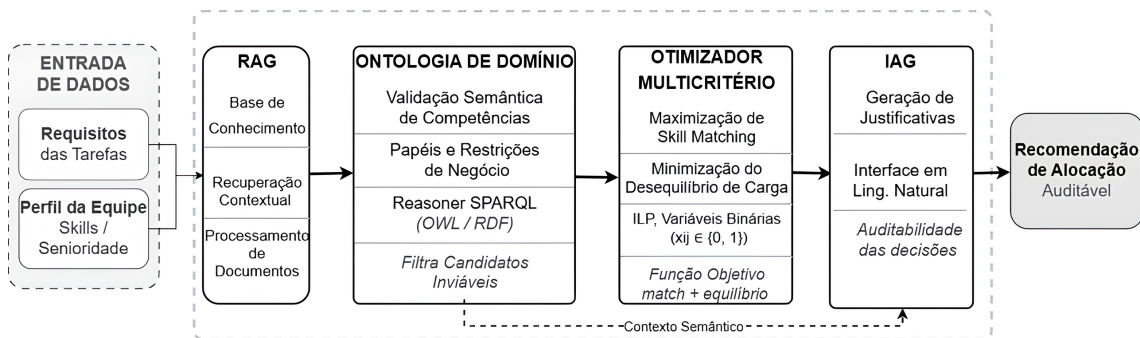


Figura 2. Arquitetura do Agente Inteligente Híbrido.

5.1. Camada de Recuperação de Contexto (RAG)

O módulo RAG [Gao et al. 2023] recupera documentos de bases de conhecimento externas relevantes à alocação. Essa recuperação ocorre na entrada do fluxo, fornecendo subsídios contextuais que fundamentam as justificativas geradas posteriormente pela IAG.

5.2. Camada de Conhecimento Semântico (Ontologia)

A Ontologia (OWL/RDF) formaliza conceitos como *Pessoa*, *Tarefa* e *Habilidade*, codificando restrições determinísticas como senioridade e certificações. Um *reasoner* aplica essas regras via SPARQL, descartando alocações inviáveis antes do processamento matemático, garantindo conformidade com a lógica [Paredes-Valverde et al. 2018].

5.3. Camada de Otimização Multicritério

O otimizador formula e resolve o ILP descrito anteriormente, maximizando o *skill matching* e minimizando o desequilíbrio de carga. O resultado é um vetor de alocações ótimas e métricas de qualidade encaminhados à camada de IAG.

5.4. Camada de Geração de Linguagem Natural (IAG)

A IAG processa as alocações e o contexto do RAG para produzir explicações que tornam o processo auditável. Ressalta-se que a IAG não substitui a lógica determinística anterior; sua função é traduzir saídas matemáticas em narrativas compreensíveis ao gestor.

6. Estágio Atual

A pesquisa encontra-se na fase de desenvolvimento, com os esforços concentrados na integração entre a interface de usuário e o motor de inteligência, e a ontologia em consolidação. A Figura 3 ilustra a interface de conversação, por meio da qual a camada RAG/IAG apresenta ao gestor as justificativas das alocações em linguagem natural. A próxima etapa consiste na integração completa dos componentes e na execução da demonstração em cenário controlado.

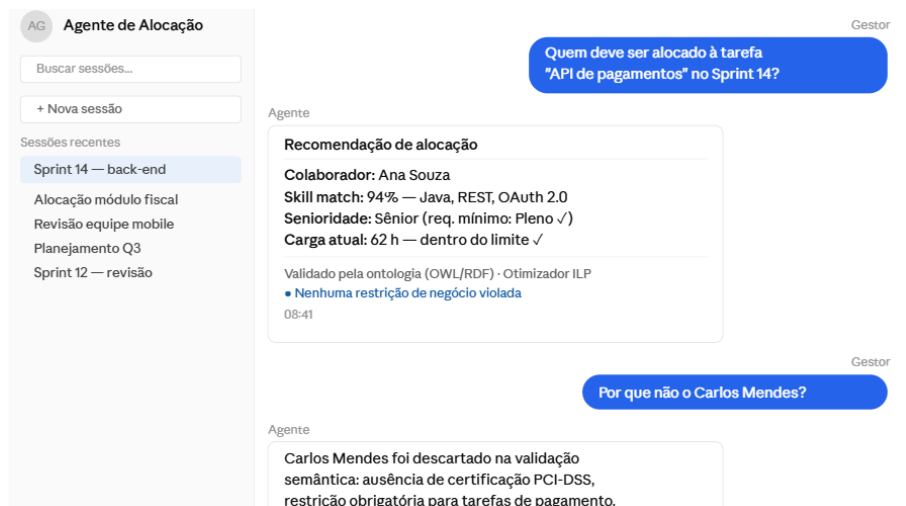


Figura 3. Interface de conversação do artefato.

7. Considerações Finais

Este artigo apresentou uma arquitetura híbrida que integra ontologia de domínio, otimização multicritério e IAG para apoiar a alocação de tarefas em projetos de software, contribuindo para a área de Sistemas de Informação com um *framework* que concilia automação gerencial e auditabilidade. A proposta estabelece um equilíbrio entre eficiência algorítmica e explicabilidade: a camada simbólica impõe conformidade determinística sem eliminar a natureza probabilística dos LLMs, preenchendo a lacuna de abordagens que combinam precisão lógica e flexibilidade adaptativa. Do ponto de vista prático, o artefato reduz riscos como concentração de conhecimento e sobrecarga sistêmica, apoiando gestores na prestação de contas por meio de justificativas em linguagem natural. O trabalho abre espaço para investigações sobre sistemas híbridos no fortalecimento da governança e produtividade em ecossistemas de desenvolvimento de software.

Referências

- Adams, M. M., Vianna, D. S., and Vianna, M. d. F. D. (2023). Um modelo de programação linear inteira mista para a alocação de funcionários de uma empresa de software. *Revista de Gestão e Secretariado*, 14(1):460–487. Acesso em: 30 out. 2025.
- Ajaero, O. and Anjorin, J. B. (2024). Human resource management and generative artificial intelligence (ChatGPT): Nexus, perspectives and praxis. *Global Journal of Human Resource Management*, 12(5):19–29.
- Aktaş, B., Pires, L. F., Calhau, R., and Akbıyık, A. (2025). Ontology-driven modelling of personal data for professional social media platforms (PSMPs). In *Proceedings of FOIS 2025 Satellite Events co-located with the 15th International Conference on Formal Ontology in Information Systems (FOIS 2025)*, Catania, Italy. September 10–12, 2025.
- Aramali, V., Cho, N., Pande, F., Al-Mhdawi, M. K. S., Ojiako, U., and Qazi, A. (2025). Generative AI in project management: Impacts on corporate values, employee perceptions, and organizational practices. *Project Leadership and Society*, 6:100191.
- Araújo, M. M. (2018). Modelo de programação matemática para a alocação otimizada de colaboradores em uma empresa de vendas de bebidas. Master's thesis, Universidade Federal do Ceará (UFC).
- Ardichvili, A., Dirani, K., Jabarkhail, S., Mansour, W., and Aboulhosn, S. (2024). Using generative AI in human resource development: an applied research study. *Human Resource Development International*, 27:1–22.
- Coutinho, E. and Bezerra, C. I. M. (2021). Utilizando teoria das filas e simulação para alocação de recursos em ambientes de desenvolvimento de software. In *Anais do Workshop em Modelagem e Simulação de Sistemas de Informação (WMSI)*, pages 45–56, Porto Alegre, RS, Brasil. SBC.
- de Andrade, O. M. (2022). Da “caixa-preta” à “caixa de vidro”: o uso da explainable artificial intelligence (XAI) para reduzir a opacidade e enfrentar o enviesamento em modelos algorítmicos. *Direito Público*, 19(103).
- Gao, Y., Xiong, Y., Gao, X., Jia, K., Pan, J., Bi, Y., Dai, Y., Sun, J., and Wang, H. (2023). Retrieval-augmented generation for large language models: A survey. *arXiv preprint arXiv:2312.10997*.
- Hevner, A. R., March, S. T., Park, J., and Ram, S. (2004). Design science in information systems research. *MIS Quarterly*, 28(1):75–105.
- Jiang, Y., Cai, Z., and Wang, X. (2025). Leverage generative AI for human resource management: Integrated risk analysis approach. *The International Journal of Human Resource Management*, 36(11):1929–1959.
- Otero, L. D., Centeno, G., Ruiz-Torres, A. J., and Otero, C. E. (2009). A systematic approach for resource allocation in software projects. *Computers & Industrial Engineering*, 56(4):1333–1339.
- Paredes-Valverde, M. A., Salas-Zárata, M. d. P., Colomo-Palacios, R., Gómez-Berbís, J. M., and Valencia-García, R. (2018). An ontology-based approach with which to

assign human resources to software projects. *Science of Computer Programming*, 156:90–103.

Peppers, K., Tuunanen, T., Rothenberger, M. A., and Chatterjee, S. (2007). A design science research methodology for information systems research. *Journal of Management Information Systems*, 24(3):45–77.

Rane, N. (2023). Role and challenges of ChatGPT and similar generative artificial intelligence in business management. Technical Report 4603227, SSRN.

Silva, L. C. e. and Costa, A. P. C. S. (2013). Decision model for allocating human resources in information system projects. *International Journal of Project Management*, 31(1):100–108.

Sousa, D. d. O. d. (2023). RIST: Uma solução para a alocação automática de tarefas em projetos de desenvolvimento de software baseados no GitHub e Trello. Master's thesis, Universidade Federal do Ceará (UFC).