

# Universidade de Pernambuco Programa de Pós-Graduação em Engenharia da Computação (PPGEC)

## Proposta de Dissertação de Mestrado

**Área: Computação Inteligente**

**Título: The Cobweb Theorem in Supply and Demand Problems (SDP) – An AI and Agentic Based Approach Towards More Efficient Use of Public Resources (Cases study in Higher Education SDP of Health Professionals)**

**Orientador – Fernando Buarque de Lima Neto ([fbln@ecomp.poli.br](mailto:fbln@ecomp.poli.br))**

**Co-orientador – Tobias Jordan ([tobias@poli.br](mailto:tobias@poli.br))**

### Contexto

O projeto investiga escassezes cíclicas e excesso de oferta na força de trabalho em saúde sob a perspectiva da “cobweb dynamics”[1], com foco em médicos, bem como farmacêuticos, fisioterapeutas, psicólogos e outras profissões regulamentadas correlatas. Com base na ideia de que as decisões educacionais e de formação respondem aos sinais atuais do mercado de trabalho, mas afetam a oferta de profissionais apenas após atrasos substanciais, o projeto desenvolve um arcabouço de modelagem dinâmica que combina o “cobweb theorem” com modelagem baseada em agentes (ABM)[2] e tomada de decisão ampliada por Large Language Models (LLMs) [3].

O projeto busca explicar como atores heterogêneos, restrições institucionais, migração, gargalos nos processos de licenciamento profissional e narrativas públicas, bem como narrativas que emergem por meio das redes sociais, moldam conjuntamente os desequilíbrios de longo prazo na força de trabalho. Utilizando dados quantitativos longitudinais e fontes textuais, como relatórios de políticas públicas, cobertura da mídia e comunicações profissionais, o projeto simulará trajetórias de formação, ingresso no mercado de trabalho e processos de ajuste específicos de cada profissão.

Do ponto de vista metodológico, o projeto comparará mecanismos decisórios convencionais e mecanismos baseados em LLMs no âmbito de um arcabouço de ABM, a fim de avaliar seu valor explicativo e preditivo. Espera-se que o projeto gere um modelo de simulação inovador para o planejamento dinâmico da força de trabalho em saúde, identifique padrões específicos de “cobweb dynamics” entre as profissões e forneça subsídios relevantes para políticas públicas sobre como estratégias de educação, migração e retenção podem reduzir descompassos cíclicos nos mercados de trabalho em saúde, com foco no contexto brasileiro.

### Problema

Um problema central no atual planejamento da força de trabalho é que muitas abordagens de previsão permanecem agregadas, determinísticas e tecnocráticas. Frequentemente, elas pressupõem que as instituições de ensino e os indivíduos reagem de maneira mais ou menos direta às escassezes observadas, e que os ajustes no mercado de trabalho podem ser conduzidos de forma centralizada assim que os dados estejam disponíveis.

No entanto, as escolhas educacionais e ocupacionais no mundo real são feitas por atores heterogêneos, com diferentes recursos, preferências de risco, origens sociais e expectativas. Essas escolhas são moldadas não apenas por salários e taxas de vacância, mas também pelas condições de trabalho, pelo prestígio ocupacional, pela missão social, pela cobertura midiática, pelo discurso político e pelos riscos futuros percebidos.

Isso é especialmente verdadeiro nas profissões da saúde: as candidaturas aos cursos de medicina podem aumentar quando a escassez de médicos é publicamente dramatizada, mesmo que a capacidade de formação permaneça fixa. As profissões de enfermagem ou terapia podem continuar pouco atrativas apesar da escassez documentada, em razão das más condições de trabalho. A demanda por profissionais de farmácia pode oscilar em função de mudanças nas estruturas do varejo, na regulação e nos sistemas de prestação de cuidados em saúde.

Esses padrões sugerem que a dinâmica da força de trabalho nas profissões da saúde não é simplesmente uma função da demanda objetiva, mas também de como os sinais são interpretados, transmitidos e traduzidos em ação por estudantes em potencial, instituições de ensino, entidades profissionais, empregadores e governos.

Diante disso, o projeto propõe um novo arcabouço de modelagem que combina:

- **O “Cobweb Theorem”**, como explicação conceitual para ajustes cíclicos sob resposta tardia da oferta;
- **a Modelagem Baseada em Agentes (ABM)**, para representar atores heterogêneos, tomada de decisão descentralizada e dinâmicas emergentes da força de trabalho;
- **Large Language Models (LLMs)**, para modelar a tomada de decisão, a interpretação de narrativas e o processamento de informações públicas e institucionais relevantes para as escolhas nas profissões da saúde.

**Pergunta Principal**

Como emergem dinâmicas do tipo “cobweb” na oferta de médicos e de outros profissionais de saúde altamente qualificados, e um modelo baseado em agentes, ampliado por mecanismos de tomada de decisão baseados em LLMs, pode melhorar a explicação e a previsão desses ciclos no mercado de trabalho?

**Perguntas Secundárias**

- Em quais condições institucionais e comportamentais respostas educacionais tardias geram escassez cíclica e excesso de oferta nas profissões da saúde?
- Como as Instituições de Ensino Superior podem lidar melhor com a demanda oscilante por vagas de estudo e, assim, fazer melhor uso dos recursos disponíveis?
- Módulos de tomada de decisão baseados em LLMs podem captar melhor o comportamento de escolha educacional e ocupacional nas profissões da saúde do que regras de decisão mais simples?
- Quais intervenções de política pública são mais eficazes para estabilizar a oferta e reduzir desajustes no médio e no longo prazo?

**Objetivos**

O projeto visa oferecer uma contribuição significativa ao planejamento, à previsão e à pesquisa sobre a força de trabalho em saúde, ao ir além da mensuração estática da escassez e avançar em direção a uma teoria dinâmica da oferta de profissionais em profissões regulamentadas, informada por aspectos comportamentais.

**Produtos esperados**

- a) uma revisão estruturada da literatura sobre modelos de teia de aranha, planejamento e previsão da força de trabalho médica e em saúde, escolha educacional, Modelagem Baseada em Agentes (ABM) e aplicações de LLMs.
- b) um arcabouço híbrido de simulação ABM–LLM adaptado à dinâmica da força de trabalho em saúde.
- c) espera-se que o projeto identifique padrões específicos por profissão de ajuste tardio e desequilíbrio cíclico.

**Referências**

- [1] EZEKIEL, M. The Cobweb Theorem. *The Quarterly Journal of Economics*, v. 52, n. 2, p. 255–280, fev. 1938. ISSN 0033-5533. eprint: <https://academic.oup.com/qje/article-pdf/25/2/255/5269309/52-2-255.pdf>.
- [2] HOLLAND, John H. *Adaptation in natural and artificial systems: an introductory analysis with applications to biology, control and artificial intelligence*. MIT press, 1992.
- [3] BLANK, I. What are large language models supposed to model?, *Trends in Cognitive Sciences*, Volume 27, Issue 11, 2023, p. 987-989, ISSN 1364-6613, <https://doi.org/10.1016/j.tics.2023.08.006>.