EVENTO ON-LINE
ConBRepro
XVI CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
02 a 04 de dezembro de 2026
Inovação e Transformação Digital como Estratégia Competitiva nas Engenharias

Construção estruturada e rastreável de alternativas para oferta de cursos superiores com apoio de LLM sob abordagem *Human-in-the-Loop*

José Roberto Cruz e Silva
Pós-graduação stricto sensu em Engenharia de Produção - Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Flavio Trojan
Departamento Acadêmico de Eletrônica - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Resumo: A definição de novos cursos superiores constitui uma etapa relevante do planejamento educacional, especialmente em instituições de educação profissional, nas quais a oferta deve considerar vocação institucional, trajetória formativa e possibilidades de verticalização. Entretanto, antes da aplicação de métodos de priorização, é necessário assegurar que o conjunto de alternativas represente adequadamente o espaço decisório. Este artigo propõe uma abordagem estruturada e rastreável para a construção de alternativas de oferta de cursos superiores, integrando fontes oficiais, *Large Language Model* (LLM) e revisão *Human-in-the-Loop* (HITL). O procedimento utiliza e-MEC e CNCST para constituir o universo de cursos, CINE e Eixos Tecnológicos para classificação, Plataforma Nilo Peçanha para recuperar a trajetória institucional e CNCT para identificar possibilidades de verticalização. O LLM é empregado apenas em relações semânticas não resolvidas deterministicamente, mantendo a validação humana como etapa explícita. Em aplicação ao *Campus* Araguaína do IFTO, o universo de 1.289 registros resultou em 129 denominações no cenário baseado no perfil inicial, 140 após a incorporação das verticalizações e 189 após a expansão classificatória validada pelo HITL. Os resultados evidenciam que a trajetória formativa pode revelar alternativas não recuperadas por filtros vocacionais estáticos e que a supervisão humana limita expansões classificatórias automáticas.

Palavras-chave: construção de alternativas, planejamento educacional, Large Language Models, Human-in-the-Loop, decisão multicritério.

Structured and Traceable Construction of Alternatives for Higher Education Program Offerings with LLM Support under a Human-in-the-Loop Approach

Abstract: The definition of new higher education programs is a relevant stage of educational planning, particularly in professional education institutions, where program offerings should consider institutional profile, educational trajectory, and vertical progression opportunities. However, before applying prioritization methods, the set of alternatives must adequately represent the decision space. This paper proposes a structured and traceable approach for constructing alternatives for higher education program offerings by integrating official data sources, a Large Language Model (LLM), and Human-in-the-Loop (HITL) review. The procedure uses e-MEC and CNCST to establish the official program universe, CINE and Technological Axes for classification, the Nilo Peçanha Platform to recover the institution's educational trajectory, and CNCT to identify potential vertical progression pathways. The LLM is restricted to semantic relationships that cannot be resolved deterministically, while human validation remains an explicit stage. In an application to the Araguaína Campus of

IFTO, the initial universe of 1,289 records resulted in 129 unique program names under the initial institutional profile, 140 after direct verticalization pathways were incorporated, and 189 after HITL-validated profile expansion. The findings show that historical educational trajectories can reveal alternatives not captured by static profile filters and that human supervision can constrain automatic classification expansion.

Keywords: alternative construction, educational planning, Large Language Models, Human-in-the-Loop, multicriteria decision making.

1. Introdução

A tomada de decisão multicritério não se inicia com a atribuição de pesos ou com a aplicação de um algoritmo de ordenação. Antes da avaliação das alternativas, é necessário estruturar adequadamente o problema, identificar os objetivos e estabelecer quais ações ou opções efetivamente integrarão o modelo decisório. No procedimento proposto por De Almeida *et al.* (2015), a identificação das alternativas integra a fase preliminar do processo multicritério, juntamente com a caracterização dos atores, a identificação dos objetivos e dos critérios.

Essa etapa merece atenção específica porque um método analítico posterior só pode avaliar alternativas que tenham sido previamente consideradas. Siebert e Keeney (2015) demonstraram experimentalmente que decisores podem deixar de identificar parcela substancial das alternativas relevantes, inclusive alternativas posteriormente consideradas atrativas. Os autores também observaram que procedimentos estruturados de estímulo à criação de alternativas podem aumentar tanto a quantidade quanto a qualidade do conjunto produzido. A literatura sobre estruturação de problemas multicritério converge nessa direção ao apontar que as etapas analíticas subsequentes são fortemente influenciadas pela forma como o problema foi inicialmente estruturado (MARTTUNEN et al., 2017).

No planejamento da oferta educacional, essa questão assume características adicionais. Nos Institutos Federais brasileiros, a Lei nº 11.892/2008 estabelece entre suas finalidades a integração e a verticalização da educação básica à educação profissional e à educação superior, bem como a orientação da oferta formativa em benefício dos arranjos produtivos, sociais e culturais locais (BRASIL, 2008). A trajetória de cursos já ofertados pela instituição constitui, portanto, uma fonte potencial de evidência para identificar continuidades formativas. Ao mesmo tempo, estudos sobre a abertura de novos cursos nos Institutos Federais mostram que os documentos e procedimentos empregados pelas instituições não são homogêneos e que permanece o desafio de estruturar a escolha de eixos e cursos a partir de evidências educacionais e socioeconômicas (NEVES; PINTO, 2019).

A disponibilidade recente de *Large Language Models* (LLMs) acrescenta uma nova possibilidade a esse processo. Modelos desse tipo apresentam capacidade para interpretar linguagem natural, reconhecer relações semânticas e apoiar a organização de informações heterogêneas. Entretanto, seu uso como fonte autônoma de alternativas introduz problemas de relevância, redundância e verificabilidade. Abbas *et al*. (2026), ao compararem contribuições humanas e de LLMs para elementos de análise de decisão, observaram que os grupos humanos apresentaram maior proporção de alternativas consideradas relevantes, enquanto o desempenho relativo da IA variou conforme o tipo de entrada analisada. Os próprios autores ressaltam que sua abordagem não sustenta o emprego da IA para decidir sem contribuições ou supervisão humana.

No setor público, essa cautela também é consistente com recomendações recentes de governança de inteligência artificial. A OECD (2025) enfatiza a necessidade de mecanismos proporcionais de transparência, supervisão, avaliação e *accountability* na utilização de IA pelo governo. Nesse sentido, uma aplicação mais controlada dos LLMs consiste não em delegar ao modelo a criação irrestrita do espaço decisório, mas em utilizá-lo para reconciliar

evidências previamente delimitadas, mantendo a procedência dos dados e submetendo as inferências relevantes à revisão humana.

A questão investigada neste trabalho é, portanto, como estruturar a construção de alternativas para oferta de cursos superiores de modo a combinar um universo oficial de cursos, perfil vocacional, trajetória institucional e possibilidades de verticalização, utilizando LLM apenas quando relações semânticas não puderem ser resolvidas deterministicamente e preservando a validação humana.

Diante disso, o objetivo deste artigo é propor uma abordagem estruturada e rastreável para a construção de alternativas de oferta de cursos superiores antes da avaliação multicritério, integrando múltiplas fontes de dados educacionais, procedimentos de classificação e normalização, apoio seletivo de LLM e revisão *Human-in-the-Loop* (HITL).

O restante do artigo está organizado da seguinte forma: A Seção 2 descreve o procedimento metodológico e os cenários experimentais; A Seção 3 traz uma os fundamentos relacionados à estruturação multicritério, construção de alternativas, verticalização educacional e integração entre contribuições humanas e LLMs; A seção 4 apresenta e discute os resultados; e. Por fim, A Seção 5 sintetiza as contribuições, limitações e possibilidades de continuidade da pesquisa.

2. Metodologia

A pesquisa foi conduzida como um estudo aplicado de demonstração metodológica, voltado à construção estruturada e rastreável de alternativas para o planejamento da oferta de cursos superiores. O objeto de análise corresponde à etapa anterior à avaliação multicritério: a identificação e delimitação do conjunto de cursos que pode ser submetido posteriormente a um processo formal de priorização.

O *campus* Araguaína do IFTO, instituição que compõe a Rede Federal de Educação Profissional, Científica e Tecnológica foi utilizado como base empírica para caracterização da oferta educacional e da trajetória formativa institucional.

A construção das alternativas combinou fontes oficiais de cursos e classificações educacionais, dados longitudinais da oferta institucional, regras determinísticas de filtragem e reconciliação, apoio de LLM para relações semânticas não resolvidas diretamente e revisão humana sob abordagem HITL. O procedimento foi deliberadamente separado da etapa posterior de avaliação multicritério, de modo que nenhum peso, preferência de decisor ou método de ordenação foi utilizado para definir quais cursos deveriam integrar o conjunto candidato.

O experimento foi estruturado em três cenários cumulativos. O primeiro utilizou exclusivamente o perfil vocacional previamente associado ao campus. O segundo incorporou possibilidades de verticalização derivadas da trajetória histórica de cursos técnicos. O terceiro permitiu ampliar o próprio perfil classificatório quando as verticalizações identificadas forneciam evidência para novas áreas, condicionando essa ampliação à revisão humana.

O Quadro 1 descreve as seis fontes de dados foram utilizados, bem como a função metodológica que cada uma desempenha na construção das alternativas. O experimento reuniu 1.136 registros de bacharelados e licenciaturas provenientes do e-MEC e 153 cursos superiores de tecnologia provenientes do Catálogo Nacional de Cursos Superiores de Tecnologia (CNCST), totalizando 1.289 registros no universo inicial. A Plataforma Nilo Peçanha (PNP) continha 95 registros anuais relativos ao *campus* e permitiu identificar seis cursos técnicos históricos distintos. O Catálogo Nacional de Cursos Técnicos (CNCT) continha 218 cursos técnicos.

Quadro 1 – Fontes de dados e funções no procedimentos

Fonte	Função na construção das alternativas
e-MEC	Constituir o universo de bacharelados e licenciaturas e identificar cursos já ofertados
CNCST	Constituir o universo de Cursos Superiores de Tecnologia e fornecer seus Eixos Tecnológicos
CINE Brasil	Classificar bacharelados e licenciaturas nas área Geral, Específica e Detalhada
Perfil vocacional	Representar as áreas CINE e Eixos Tecnológicos inicialmente associados ao campus
PNP	Recuperar longitudinalmente a trajetória de cursos ofertados pelo campus
CNCT	Identificar a classificação dos cursos técnicos e suas possibilidades de verticalização para graduação

Fonte: Autoria própria (2026)

As fontes desempenharam papéis complementares. O e-MEC e CNCST determinaram quais cursos poderiam existir no universo de alternativas; Classificação Internacional Normalizada da Educação (CINE Brasil) e Eixos Tecnológicos forneceram estruturas classificatórias; o perfil vocacional definiu a representação inicial do *campus*; a PNP acrescentou a dimensão longitudinal da trajetória educacional; e o CNCT forneceu relações explícitas de continuidade formativa. Dessa forma, PNP e CNCT não foram autorizados a gerar livremente novos cursos. Toda alternativa final precisava corresponder a um curso existente no universo constituído por e-MEC ou CNCST.

O universo inicial foi formalizado como: $U = U_{eMEC}^{B,L} \cup U_{CNCST}^{T}$ em que $U_{eMEC}^{B,L}$ representa bacharelados e licenciaturas e U_{CNCST}^{T} os cursos superiores de tecnologia. Para fins de correspondência entre bases, as denominações foram normalizadas mediante padronização de caixa, remoção de acentuações e pontuações, tratamento de espaços e remoção de prefixos de grau, como “Bacharelado em”, “Licenciatura em”, “Técnico em” e “Tecnologia em”. Os valores originais das fontes foram preservados para rastreabilidade.

Cursos superiores já ofertados pelo *campus* foram excluídos da condição de nova alternativa. Assim, $A = U \setminus O$ em que O representa o conjunto de ofertas superiores existentes. Dos 1.289 registros iniciais, três ofertas superiores do *campus* foram excluídas - Farmácia, Análise e Desenvolvimento de Sistemas e Gestão da Produção Industrial -, resultando em 1.286 registros admissíveis.

Para cada bacharelado ou licenciatura, a classificação utilizada foi representada por: $C(a) = [C_G(a), C_E(a), C_D(a)]$, em que $C_G(a)$, $C_E(a)$ e $C_D(a)$ representam, respectivamente, Área Geral, Área Específica e Área Detalhada.

Neste experimento, a Área Detalhada foi adotada como unidade operacional de correspondência do perfil. Áreas Específicas e Gerais foram preservadas para caracterizar a hierarquia classificatória, mas não produziram inclusão automática de alternativas. Essa regra procurou estabelecer um nível intermediário de granularidade: mais abrangente do que o rótulo específico de um curso, mas suficientemente restritivo para evitar que o pertencimento a uma Área Geral muito ampla produzisse expansão excessiva do conjunto candidato. Para cursos superiores de tecnologia, a classificação operacional permaneceu o Eixo Tecnológico definido no CNCST.

2.1 Cenário S1 - perfil vocacional inicial

O primeiro canal de construção correspondeu à aderência ao perfil vocacional previamente associado ao campus. Se P_D representa o conjunto de Áreas Detalhadas CINE inicialmente reconhecidas e P_E o conjunto de Eixos Tecnológicos, então: $F_{voc} = \{a \in A : C_D(a) \in P_D \vee Eixo(a) \in P_E\}$. A primeira condição é aplicada a bacharelados e licenciaturas e a segunda aos cursos superiores de tecnologia. O primeiro cenário foi, portanto: $I_1 = F_{voc}$. Essa configuração representa as alternativas que poderiam ser recuperadas apenas a partir da representação vocacional inicialmente disponível, sem utilizar ainda a trajetória histórica da PNP ou os itinerários do CNCT.

2.2 Cenário S2 - incorporação das verticalizações a partir da trajetória formativa com PNP e CNCT

A PNP foi utilizada para introduzir uma dimensão que não estava adequadamente representada pelo perfil estático: a trajetória longitudinal de cursos efetivamente ofertados pelo *campus*. Os registros de um mesmo curso técnico foram consolidados ao longo dos anos para identificar formações técnicas presentes na trajetória institucional. A série analisada resultou em seis cursos técnicos históricos distintos. Cinco deles puderam ser associados ao CNCT por correspondência nominal normalizada. Apenas o caso Gerência de Saúde (Técnico em Gerência em Saúde) não foi resolvido diretamente e necessitou de interpretação semântica.

Para cada curso técnico reconciliado com o CNCT, foi recuperado seu conjunto de possibilidades de verticalização: $G(h) = \{g_1, g_2, \cdots, g_k\}$. As graduações presentes em $G(h)$ foram então reconciliadas com o universo oficial de cursos superiores: $g_j \to a_i \in A$. Esse procedimento produziu o canal de verticalização:

$$F_{vert} = \{a \in A : \exists h \in H_{PNP} \text{ tal que } a \in G(h)\}$$

Consequentemente, uma alternativa podia ser mantida mesmo quando não pertencia à classificação vocacional inicial, desde que existisse uma relação de verticalização sustentada pela trajetória técnica observada e pelo CNCT.O segundo cenário combinou o conjunto obtido pelo perfil inicial com as alternativas diretamente sustentadas pelos itinerários formativos: $I_2 = F_{voc} \cup F_{vert}$.

A diferença $\Delta_{vert} = I_2 \setminus I_1$ representa, portanto, as alternativas que seriam perdidas caso a construção se limitasse ao perfil vocacional previamente informado. Essa separação também preservou a origem de cada alternativa, permitindo distinguir aquelas originadas do perfil inicial das recuperadas exclusivamente pela trajetória de verticalização.

2.3 Cenário S3 - Expansão do perfil e o Papel do LLM e da abordagem *Human-in-the-Loop*

Além da inclusão direta de uma graduação verticalizada, avaliou-se se a nova evidência seria suficiente para ampliar o próprio perfil CINE do *campus*. Quando uma alternativa verticalizada pertencia a uma Área Detalhada não presente no perfil inicial, essa classificação gerou uma proposta de expansão: $\Delta P_D = \{C_D(a) : a \in F_{vert} \wedge C_D(a) \notin P_D\}$. Foram mantidas separadas duas decisões: H_1: a relação de verticalização é aceitável? e H_2: a evidência é suficiente para ampliar o perfil CINE?

Assim, aceitar uma alternativa diretamente verticalizada não implicava automaticamente incorporar sua Área Detalhada ao perfil. Essa distinção foi necessária porque a expansão de uma classificação poderia recuperar vários outros cursos não mencionados diretamente pelo CNCT.

Após a revisão humana, o perfil ampliado foi definido por: $P_D^* = P_D \cup \{711, 712, 714, 721, 918\}$. O cenário final foi então: $I_3 = I_2 \cup \{a \in A : C_D(a) \in \{711, 712, 714, 721, 918\}\}$.

O LLM foi utilizado como componente de reconciliação e interpretação semântica, e não como gerador autônomo do universo de alternativas. Seu uso foi restrito a três tipos de operação: correspondência entre denominações PNP e CNCT quando a normalização não fornecia resultado inequívoco; correspondência entre sugestões de graduação do CNCT e denominações existentes no universo e-MEC/CNCST quando havia variação semântica; e estruturação de propostas de expansão classificatória para avaliação humana. O modelo não estava autorizado a criar cursos, códigos CINE ou Eixos Tecnológicos. Uma vez identificada uma possível correspondência, a classificação utilizada era recuperada das bases estruturadas correspondentes.

As proposições foram submetidas à revisão do decisor sob abordagem HITL. Foram realizadas 11 decisões humanas: duas reconciliações semânticas, um conflito de classificação CINE e oito propostas de expansão do perfil. Todas as decisões foram explicitamente registradas. A revisão humana também permitiu aceitar uma verticalização específica sem necessariamente aceitar a ampliação classificatória dela decorrente.

2.4 Rastreabilidade e análise

A execução preservou os arquivos de entrada, possibilitando identificar a cópia de dados utilizado. As alternativas receberam informações de origem, classificação, canal de inclusão e, quando aplicável, curso técnico antecedente e decisão HITL correspondente.

Os resultados foram analisados por meio do número de registros admissíveis, número de denominações únicas em cada cenário, número de alternativas recuperadas exclusivamente pela verticalização, número de áreas propostas para expansão e diferença entre a expansão automática e o conjunto efetivamente validado.

Os indicadores quantitativos da PNP, como matrículas, ingressantes, concluintes e evasão, não foram empregados como critérios de inclusão. Nesta etapa, a PNP teve função exclusivamente relacionada à identificação da trajetória institucional e de possibilidades de continuidade formativa.

3. Referencial Teórico

3.1 Estruturação do problema e construção de alternativas

A estruturação constitui parte integrante do processo de apoio multicritério à decisão. De Almeida *et al.* (2015) organizam o processo MCDM/A em fases interdependentes, nas quais a etapa preliminar compreende elementos como atores, objetivos, critérios, alternativas e estado da natureza. Essa concepção é relevante para o presente estudo porque posiciona a construção das alternativas antes da elicitação de preferências e da escolha do procedimento de agregação, evitando tratar o conjunto candidato como uma entrada exógena e necessariamente completa.

A literatura sobre *problem structuring* reforça essa interpretação. A revisão conduzida por Marttunen *et al.* (2017) mostra que a estruturação do problema e a avaliação multicritério cumprem funções complementares: enquanto a primeira amplia a compreensão da situação decisória e auxilia na identificação de objetivos, critérios e alternativas, os métodos MCDA fornecem posteriormente mecanismos sistemáticos para avaliar opções diante de múltiplos objetivos.

A importância específica da geração de alternativas foi empiricamente investigada por Siebert e Keeney (2015). Em seus estudos, os participantes deixaram de produzir espontaneamente várias alternativas que posteriormente reconheceram como relevantes,

e a utilização de objetivos como estímulo estruturado ampliou a geração de alternativas. Os resultados sustentam a ideia de que dedicar esforço explícito à construção do conjunto candidato pode alterar materialmente o espaço posteriormente submetido à avaliação.

Para o presente trabalho, essa literatura conduz a uma distinção fundamental: construir alternativas não é o mesmo que avaliá-las. A construção procura determinar quais opções possuem fundamento suficiente para chegar à etapa decisória; a avaliação posterior examina o desempenho dessas opções diante de critérios e preferências. Misturar essas funções pode levar à eliminação antecipada de alternativas por informações que deveriam ser consideradas somente na etapa de avaliação.

3.2 Oferta de cursos e verticalização nos Institutos Federais

A oferta de novos cursos nos Institutos Federais ocorre em um ambiente institucional no qual diferentes níveis de ensino coexistem. A própria Lei nº 11.892/2008 estabelece como finalidade dessas instituições promover a integração e a verticalização da educação básica, profissional e superior, utilizando de forma articulada infraestrutura, pessoal e recursos de gestão. A legislação também vincula a oferta formativa às potencialidades de desenvolvimento econômico, social e cultural dos territórios em que os Institutos atuam (BRASIL, 2008).

Nesse contexto, o conjunto de cursos atualmente ofertados em nível superior não representa necessariamente toda a trajetória formativa da instituição. A existência continuada de cursos técnicos pode constituir evidência de domínios educacionais acumulados que não aparecem em um contexto restrito à graduação. A verticalização permite, assim, tratar a trajetória institucional como informação relevante para a identificação de possíveis cursos superiores, sem transformar essa trajetória, isoladamente, em decisão de abertura.

A necessidade de maior estruturação nesse processo é compatível com os achados de Neves e Pinto (2019). Ao examinarem documentos utilizados por Institutos Federais da região Sul, os autores observaram número reduzido de instrumentos especificamente destinados a orientar a criação e abertura de novos cursos e destacaram o desafio de compatibilizar legislação, demandas socioeconômicas, mundo do trabalho e desenvolvimento local e regional.

A presente pesquisa parte desse contexto para tratar a verticalização como fonte de evidência para construção do conjunto candidato, e não como critério suficiente para a decisão final. Essa distinção permite utilizar o histórico institucional para ampliar a busca sem antecipar análises de viabilidade, demanda, infraestrutura ou preferência, que pertencem a fases posteriores do processo decisório.

3.3 LLMs, entradas decisórias e *Human-in-the-Loop*

Os LLMs podem contribuir para sistemas de apoio à decisão sobretudo em tarefas nas quais a informação não se encontra perfeitamente harmonizada entre diferentes fontes. Reconciliação de denominações, interpretação de descrições textuais e identificação de possíveis equivalências são exemplos de tarefas em que a capacidade semântica desses modelos pode complementar regras determinísticas.

Essa utilização, entretanto, requer controle sobre a procedência das entradas e das saídas. Abbas *et al.* (2026) argumentam que a análise da contribuição de IA para decisões deve considerar aspectos como relevância, repetição, unicidade, classificação correta dos *inputs* e verificação. Os autores também mostram que contribuições humanas e de IA não necessariamente coincidem, de modo que consultar apenas uma fonte pode deixar de revelar entradas produzidas pela outra.

No caso específico das alternativas, Abbas *et al.* (2026) encontraram maior relevância média nas alternativas sugeridas por humanos que naquelas sugeridas pela IA, resultado que reforça a necessidade de não confundir fluência textual com pertinência decisória. Para este estudo, essa constatação sustenta uma arquitetura na qual o LLM não recebe autoridade para criar o universo candidato. O modelo opera sobre registros previamente existentes, e suas intervenções semânticas permanecem sujeitas à validação do decisor.

Essa configuração também se alinha ao princípio de supervisão presente em abordagens contemporâneas de IA no setor público. A OECD (2025) destaca transparência, gestão de riscos e mecanismos de *oversight* entre os elementos necessários ao uso confiável de IA por governos. Assim, o *Human-in-the-Loop* empregado neste artigo não funciona apenas como conferência final: ele delimita quais inferências semânticas podem produzir consequências sobre o conjunto de alternativas.

4. Resultados

4.1 Universo admissível e cenário S1

O universo inicial apresentou 1.289 registros, composto por 1.136 bacharelados/licenciaturas e 153 cursos superiores de tecnologia. Após a exclusão das três ofertas superiores existentes no campus, permaneceram 1.286 registros admissíveis.

A aplicação das Áreas Detalhadas CINE e dos Eixos Tecnológicos do perfil inicial selecionou 141 registros, correspondentes a 129 denominações únicas: $|I_1| = 129$. A diferença entre número de registros e denominações decorreu da existência de mais de um registro oficial para determinadas denominações. O resultado estabelece S1 como *baseline* da análise: 129 cursos poderiam ser recuperados exclusivamente a partir do perfil vocacional previamente informado.

4.2 Recuperação de alternativas pela verticalização e cenário S2

A série histórica da PNP resultou em seis cursos técnicos distintos. Cinco associações com o CNCT foram resolvidas por normalização nominal, enquanto Gerência de Saúde → Técnico em Gerência em Saúde requereu interpretação semântica posteriormente aceita na revisão HITL.

As possibilidades de graduação extraídas do CNCT foram reconciliadas com o universo oficial e acrescentaram 11 denominações que não pertenciam a S1. O conjunto passou de 129 para 140 alternativas: $|I_2| = 140$ e: $\Delta_{vert} = 11$. Portanto, a integração da trajetória PNP com os itinerários do CNCT ampliou o conjunto inicial em aproximadamente 8,5%, sem recorrer à geração livre de cursos pelo LLM.

As alternativas recuperadas por esse mecanismo incluíram formações vinculadas às trajetórias de saúde, biotecnologia, processos produtivos e informática, entre elas Ciências Biológicas, Nutrição, Engenharia de Alimentos, Engenharia Química, Engenharia Ambiental, Engenharia de Bioprocessos e Biotecnologia, Medicina, Saúde Pública, Saúde Coletiva e formações relacionadas à Engenharia da Computação.

Esse resultado mostra que a trajetória histórica pode revelar alternativas que não aparecem quando a qualificação se restringe à taxonomia vocacional inicialmente cadastrada.

4.3 Áreas CINE reveladas pela verticalização

As alternativas recuperadas pelo canal de verticalização produziram oito propostas de novas Áreas Detalhadas CINE: $\Delta P_D = \{511, 711, 712, 714, 721, 912, 915, 918\}$. Nenhum novo Eixo Tecnológico foi proposto, pois as verticalizações correspondentes a Cursos Superiores de Tecnologia pertenciam a eixos que já faziam parte do perfil inicial.

As oito áreas CINE, entretanto, não foram incorporadas automaticamente. A simulação de inclusão irrestrita demonstrou que essa operação elevaria o conjunto de 140 para 213 denominações, evidenciando um efeito multiplicador relevante. Esse resultado confirmou a necessidade de separar a validação de uma alternativa específica da decisão mais abrangente de alterar o perfil classificatório do campus.

4.4 Revisão *Human-in-the-Loop* e Cenário S3 final

A revisão humana compreendeu 11 decisões. As duas correspondências semânticas foram aceitas: Gerência de Saúde → Técnico em Gerência em Saúde e Gestão de Tecnologia da Informação → Tecnologia em Gestão da Tecnologia da Informação. Também foi identificado um conflito de classificação para a denominação Saúde Coletiva. Dois registros apresentavam classificações distintas. Após revisão, adotou-se para esse curso a Área Detalhada 918 - Saúde pública e saúde coletiva, mantendo-se a ocorrência associada a 712 documentada como conflito da base.

Esse tratamento não significa que a Área 712 tenha sido rejeitada do perfil. Ela foi posteriormente aceita por evidência independente oriunda da trajetória de Biotecnologia. Assim, foram separadas a correção do conflito específico de Saúde Coletiva e a decisão sobre a pertinência da Área 712 no perfil ampliado.

Das oito propostas de expansão CINE, o decisor aceitou: 711, 712, 714, 721, 918 e rejeitou: 511, 912, 915. As áreas aceitas correspondem a Engenharia química e de processos, Tecnologia de proteção ambiental, Eletrônica e automação, Processamento de alimentos e Saúde pública e saúde coletiva. As rejeições não eliminaram cursos diretamente verticalizados que já possuíam sustentação independente no CNCT. Após a aplicação das decisões HITL, o conjunto final alcançou: $|I_3| = 189$ denominações únicas.

A Tabela 1 mostra a progressão entre os cenários. O conjunto final apresentou 60 denominações adicionais (189-129) em relação ao *baseline*, equivalente a uma ampliação de aproximadamente 46,5% em relação a S1.

Tabela 1 – Progressão entre os cenários

Cenário	Regra principal	Denominações únicas	Acréscimo
S1	Perfil vocacional inicial	129	-
S2	S1 + Verticalização PNP-CNCT	140	+11
S3	S2 + Expansões CINE validadas pelo HITL	189	+49
Expansão integral	Todas as oito áreas propostas	213	+73 sobre S2

Fonte: Autoria própria (2026)

Entre S2 e S3, as expansões efetivamente validadas acrescentaram 49 denominações, ou 35,0% em relação ao conjunto obtido antes da ampliação do perfil. O resultado final permaneceu abaixo das 213 alternativas que seriam obtidas caso todas as classificações propostas fossem aceitas automaticamente. A diferença de 24 (213 -189) representa alternativas que teriam sido incorporadas por uma expansão taxonômica automática, mas que não integraram o conjunto final em razão das decisões HITL.

4.5 Discussões

Os resultados evidenciam que a forma de representar o espaço decisório produz efeitos concretos sobre o conjunto de alternativas disponível para análise posterior. A utilização exclusiva do perfil vocacional inicial resultou em 129 denominações, enquanto a incorporação da trajetória técnica e dos itinerários de verticalização acrescentou 11 alternativas, elevando o conjunto para 140. Após a revisão humana das possíveis

expansões classificatórias, o conjunto final atingiu 189 denominações. O principal achado, portanto, não é simplesmente o aumento numérico do conjunto, mas a identificação de rotas distintas e rastreáveis pelas quais uma alternativa pode adquirir suporte para integrar o processo decisório.

Esse resultado é coerente com o argumento de que os conjuntos inicialmente disponíveis aos decisores não devem ser presumidos completos. Siebert e Keeney (2015) mostraram que indivíduos frequentemente deixam de identificar alternativas relevantes e que estímulos estruturados podem ampliar o espaço de opções considerado. No presente estudo, o estímulo adicional não decorreu da geração criativa livre, mas da utilização de uma fonte longitudinal - a PNP - combinada com relações de verticalização registradas no CNCT. Assim, o acréscimo observado decorreu de informação institucional que estava disponível, mas não era capturada pelo perfil estático empregado no cenário inicial.

A diferença entre S1 e S2 também possui implicação para a estruturação multicritério. Se a avaliação fosse iniciada diretamente com as 129 alternativas de S1, as 11 opções recuperadas pela verticalização não poderiam posteriormente ser escolhidas por qualquer método multicritério, independentemente de seu desempenho. Isso reforça a observação de Marttunen et al. (2017) de que as fases subsequentes da MCDA são influenciadas pelo processo de estruturação que as precede. Também é consistente com o procedimento de De Almeida *et al.* (2015), no qual a definição das alternativas faz parte da fase preliminar e antecede a modelagem de preferências e a aplicação do método.

A utilização da PNP e do CNCT forneceu ainda uma operacionalização concreta do princípio de verticalização presente na Lei nº 11.892/2008. Em vez de representar a vocação institucional apenas pelos cursos superiores atuais, o procedimento incorporou a trajetória técnica observada e verificou, em uma fonte normativa específica, quais continuidades de formação eram previstas. Essa arquitetura não implica que uma graduação indicada pelo CNCT deva ser criada, mas estabelece uma justificativa explícita para que ela seja considerada entre as alternativas candidatas. Essa separação entre ser considerada e ser escolhida é relevante para manter a etapa de construção distinta da posterior avaliação de viabilidade e prioridade.

O experimento também mostrou por que a ampliação do perfil classificatório exige controle adicional. As oito novas Áreas Detalhadas CINE inicialmente identificadas levariam o conjunto de 140 para 213 denominações caso fossem incorporadas automaticamente. Após a revisão HITL, cinco foram aceitas e três rejeitadas, resultando em 189 alternativas. Dessa forma, 24 denominações que apareceriam sob expansão integral não ingressaram no conjunto final. A revisão humana teve, portanto, consequência observável sobre o resultado e não funcionou apenas como etapa formal de confirmação.

Esse achado é relevante para discutir o papel atribuído ao LLM. O modelo não foi empregado para responder à pergunta aberta “quais cursos o campus deveria ofertar?”. Em vez disso, sua função foi restrita à reconciliação de registros e à sinalização de relações que exigiam interpretação. Essa escolha é consistente com Abbas *et al.* (2026), que demonstram a necessidade de avaliar relevância, redundância e especificidade das contribuições de IA e não recomendam sua utilização sem supervisão humana. A abordagem também evita que uma denominação plausível produzida pelo modelo seja confundida com uma alternativa sustentada pelas bases oficiais.

Outra contribuição do experimento reside na separação entre verticalização direta e expansão classificatória. Quando o CNCT associa explicitamente um curso técnico a uma possibilidade de graduação, existe uma cadeia de evidências individualizada. Ampliar toda a Área CINE correspondente produz um efeito distinto, pois permite o ingresso de cursos que não foram mencionados diretamente naquela trajetória. O tratamento separado dessas

duas operações torna possível aceitar a primeira e rejeitar a segunda, como ocorreu em parte das decisões HITL.

Dessa forma, o papel da abordagem *Human-in-the-Loop* pode ser compreendido como um mecanismo de controle de fronteira do conjunto candidato. O LLM ajuda a localizar relações semanticamente plausíveis; bases oficiais determinam a existência e a classificação dos cursos; e o humano decide quando uma inferência possui fundamento suficiente para alterar o alcance do filtro. Essa distribuição de funções é compatível com recomendações recentes de governança de IA que enfatizam supervisão, transparência e *accountability* em aplicações governamentais (OECD, 2025).

5. Conclusões

Este artigo abordou a construção de alternativas como uma etapa autônoma e relevante do processo de apoio multicritério à decisão aplicado à oferta de cursos superiores. O objetivo foi propor e demonstrar uma abordagem capaz de integrar fontes oficiais, perfil vocacional, trajetória histórica de oferta, possibilidades de verticalização, interpretação semântica por LLM e revisão *Human-in-the-Loop* antes da avaliação multicritério.

O procedimento partiu de um universo oficial constituído por e-MEC e CNCST, utilizou CINE e Eixos Tecnológicos para classificação, incorporou a trajetória histórica registrada na PNP e recuperou no CNCT possibilidades de continuidade entre formação técnica e graduação. O LLM foi restrito aos casos que exigiam interpretação semântica e não recebeu autorização para criar cursos ou classificações. As relações com potencial de alterar o conjunto candidato foram submetidas à revisão humana.

A aplicação experimental produziu 129 denominações no cenário baseado exclusivamente no perfil inicial. A incorporação das verticalizações elevou esse número para 140, acrescentando 11 alternativas que não seriam recuperadas pelo primeiro mecanismo. O tratamento das expansões classificatórias identificou oito novas Áreas Detalhadas CINE; cinco foram aceitas e três rejeitadas pelo HITL. O conjunto final resultou em 189 denominações, enquanto a aceitação automática de todas as expansões produziria 213.

Os resultados indicam que representar a vocação institucional apenas por uma visão estática pode omitir alternativas sustentadas pela trajetória formativa do campus. A utilização conjunta da PNP e do CNCT permitiu transformar essa trajetória em uma cadeia explícita de evidências para verticalização. Ao mesmo tempo, a diferença entre 189 e 213 alternativas mostrou que a ampliação classificatória pode produzir efeitos significativos e que a supervisão humana pode atuar efetivamente sobre a fronteira do conjunto candidato.

A principal contribuição do trabalho está, portanto, na estruturação de um procedimento em que cada alternativa pode ser associada à sua proveniência de inclusão: perfil vocacional inicial, verticalização direta ou expansão classificatória validada. Essa rastreabilidade permite que a etapa posterior de avaliação multicritério seja realizada sobre um conjunto cuja formação pode ser auditada e discutida, em vez de sobre uma lista de opções cuja origem permanece implícita.

O estudo não demonstra que um conjunto maior seja necessariamente melhor nem que as alternativas obtidas sejam viáveis para implantação. Também não avalia a superioridade do LLM como gerador de alternativas. Essas questões estão fora do escopo deste artigo. As limitações associadas ao estudo de um único *campus*, à existência de um único revisor HITL restringem a generalização dos resultados.

Como continuidade, recomenda-se replicar o protocolo em campi com trajetórias formativas distintas, utilizar painéis independentes para a revisão HITL e avaliar a concordância entre revisores. Também é pertinente investigar a estabilidade das reconciliações semânticas entre diferentes modelos e execuções. Após essa validação da etapa de construção, o

conjunto resultante poderá alimentar modelos multicritério destinados à avaliação e priorização dos cursos, preservando a separação metodológica entre construir o que deve ser considerado e avaliar o que deve ser priorizado.

Referências

ABBAS, A. E.; HUPMAN, A. C.; MONGER, R. Assessing the quality of large language models and human inputs to a decision: a proposed framework and two benchmark case studies. **Decision Analysis**, v. 23, n. 3, p. 205-220, 2026.

BRASIL. **Lei nº 11.892, de 29 de dezembro de 2008**. Institui a Rede Federal de Educação Profissional, Científica e Tecnológica, cria os Institutos Federais de Educação, Ciência e Tecnologia, e dá outras providências. Brasília, DF, 2008.

DE ALMEIDA, A. T. et al. Multiobjective and multicriteria decision processes and methods. In: **Multicriteria and Multiobjective Models for Risk, Reliability and Maintenance Decision Analysis**. Cham: Springer International Publishing, 2015. p. 23-87.

MARTTUNEN, M.; LIENERT, J.; BELTON, V. Structuring problems for Multi-Criteria Decision Analysis in practice: a literature review of method combinations. **European Journal of Operational Research**, v. 263, n. 1, p. 1-17, 2017.

NEVES, P. C. dos S.; PINTO, L. R. O processo de abertura de novos cursos: um panorama dos documentos que orientam as ações dos Institutos Federais da região Sul do país. **Educação Profissional e Tecnológica em Revista**, v. 3, n. 2, p. 62-85, 2019.

OECD. **Governing with Artificial Intelligence: The State of Play and Way Forward in Core Government Functions**. Paris: OECD Publishing, 2025.

SIEBERT, J.; KEENEY, R. L. Creating more and better alternatives for decisions using objectives. **Operations Research**, v. 63, n. 5, p. 1144-1158, 2015.