



Plataforma de Inteligência Artificial para Análise de Documentos e Automação de Tarefas no Setor Elétrico

Tema: Tecnologia da Informação

Autores: Sávio Salvarino Teles de Oliveira, Leonardo Afonso Amorim, Vinicius Alboneti Aguiar

Co-Autores: Arlindo Rodrigues Galvão Filho, Anderson Silva Soares e Tales Brumon Medeiros de Figueiredo

Empresa: Universidade Federal de Goiás

Resumo

Este artigo explora o desenvolvimento de uma plataforma de inteligência artificial (IA) para análise de documentos e automação de tarefas, com foco no setor elétrico, especialmente na CEMIG. A plataforma utiliza modelos de linguagem de grande porte (LLMs) para aprimorar a eficiência operacional, reduzir o tempo gasto em buscas e elaboração de documentos e otimizar a gestão do conhecimento. A arquitetura da solução é projetada como uma plataforma tecnológica, promovendo um ambiente propício para o desenvolvimento de soluções inovadoras e aumentando a competitividade no setor elétrico brasileiro. O estudo inclui casos de uso nas áreas de auditoria interna, jurídica e inovação/P&D&I, demonstrando o valor da plataforma e seu potencial de escalabilidade.

1. Introdução

O movimento global em direção ao desenvolvimento e uso de modelos de linguagem de grande porte é inegável. Há um movimento forte no desenvolvimento, lançamento e utilização de modelos de linguagem de grande porte no meio empresarial e científico (SINDHU et. al., 2024). As grandes empresas de tecnologia do mundo têm lançado diversas aplicações, como assistentes, plugins de aplicativos de edição de texto e de busca web, tendo como base tais modelos. Esse movimento começou de forma mais genérica e tem se desenvolvido para aplicações mais especializadas para área de domínio mais específicas.

No Brasil, há uma lacuna para um modelo que facilite o acesso das empresas e do cidadão a informações estruturadas do setor elétrico (Brandão, 2024). As expectativas dos clientes em relação à qualidade e confiabilidade do fornecimento de eletricidade estão evoluindo. Além disso, existe um aumento do volume de dispositivos e dados associados, apresentando desafios significativos para os operadores de sistemas de energia e concessionárias que devem gerenciar essas complexidades sem um aumento correspondente na força de trabalho (MAJUMDER, 2024). O rápido acúmulo de novos conhecimentos e dados instantâneos excede a capacidade humana de processá-los sem auxílio. Esses desenvolvimentos estão impulsionando o sistema de energia para uma fase de transição, exigindo adaptações para acomodar essas novas tecnologias e mitigar seus desafios associados.

Neste cenário, os modelos de linguagem de grande porte (Large Language Models ou LLMs) oferecem valor para o setor de energia elétrica, graças à sua capacidade de interpretar comandos humanos e aliviar

a sobrecarga (LIU, 2025). O desenvolvimento de um modelo de linguagem de grande porte oferece oportunidades para otimizar processos, gerenciar conhecimento e avançar em soluções com inteligência artificial. Apesar da crescente popularidade da tecnologia LLM em uma variedade de campos, seu potencial no setor de energia permanece amplamente inexplorado (LIU, 2025). Mais pesquisas e explorações podem proporcionar novas oportunidades para a utilização de LLMs para enfrentar desafios complexos.

Este trabalho, no contexto de um projeto de P&D, investiga uma plataforma de inteligência artificial com foco em aplicações para o setor elétrico, analisando as capacidades e limitações dos LLMs emergentes. A pesquisa se concentra no potencial de aplicação desses modelos no contexto energético, visando aprimorar o processamento de informações textuais nas operadoras do setor. A implementação de uma plataforma de inteligência artificial como esta permite evoluir na maneira como lidamos com informações textuais dentro das operadoras do setor elétrico (ZHANG, 2025). A plataforma visa aumentar a eficiência operacional ao reduzir o tempo gasto na busca e elaboração de documentos, além de otimizar a gestão do conhecimento por meio da sumarização e aglutinação de informações relevantes. Espera-se que essa arquitetura acelere a maturidade de novos especialistas, tornando-os produtivos mais rapidamente. Ao ser concebida como uma plataforma tecnológica, a arquitetura também cria um ambiente propício para o desenvolvimento de soluções derivadas, alavancando a inovação e a competitividade do setor elétrico brasileiro.

1.1. A Inovação no Setor Elétrico Brasileiro e o Novo ProPDI

A inteligência artificial generativa (GenAI) tem o potencial de transformar a entrega, o desenvolvimento e a avaliação do aprendizado humano. Esta perspectiva examina a integração da Inteligência Artificial como uma ferramenta para o aprendizado humano, abordando suas promessas e desafios de um ponto de vista holístico que integra insights das ciências da aprendizagem, tecnologia educacional e interação humano-computador (YAN et. al., 2024). A inteligência artificial promete aprimorar as experiências de aprendizado, escalando o suporte personalizado, diversificando os materiais de aprendizagem, permitindo feedback oportuno e inovando métodos de avaliação. No entanto, também apresenta questões críticas, como imperfeições do modelo, dilemas éticos e a disrupção das avaliações tradicionais.

Cultivar a alfabetização em IA e habilidades adaptativas é imperativo para facilitar o engajamento informado com as tecnologias. Pesquisas em diversos contextos de aprendizado são essenciais para avaliar o impacto da inteligência artificial a sociedade, garantindo que ela se torne uma aliada na busca por conhecimento e inovação (YAN et. al., 2024).

Nesse sentido, a reestruturação das áreas corporativas de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (PD&I) é importante, particularmente no setor elétrico, que enfrenta o desafio de equilibrar soluções disruptivas com a necessidade de resultados financeiros imediatos. O novo Programa de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (ProPDI), lançado pela ANEEL em julho de 2023, ilustra essa transição ao priorizar projetos com níveis de maturidade tecnológica (TRL) mais elevados e viabilidade comercial de curto prazo. Essa mudança reflete a demanda do setor por resultados práticos e rápidos, acelerando a transformação da matriz energética brasileira em direção à sustentabilidade e eletrificação (ANEEL, 2024).

Contudo, essa ênfase em TRLs elevados e retornos rápidos pode limitar inovações disruptivas, que demandam ciclos mais longos e envolvem maior incerteza. É fundamental, portanto, equilibrar o retorno imediato com o impacto transformador de longo prazo. A construção de portfólios de inovação balanceados, com projetos incrementais e disruptivos, e uma governança flexível que sustente inovações com ROI mais dilatado, são estratégias essenciais. Apesar do ProPDI da ANEEL incentivar uma avaliação holística dos portfólios, muitas empresas ainda priorizam resultados imediatos, limitando o potencial de transformações estruturais no setor.

1.2 Projeto de PD&I e estudos de caso desenvolvidos na CEMIG

A proposta deste trabalho vai além da simples implementação de uma tecnologia. O projeto busca transformar modelos de negócio, abrindo caminho para novos produtos e serviços baseados em inteligência ar-

tificial, criando uma vantagem competitiva em mercados emergentes. O desenvolvimento do modelo busca não apenas atender às necessidades internas da CEMIG, mas também gerar valor para o setor elétrico, possibilitando novas parcerias, licenciamento de tecnologia e o surgimento de novas soluções.

O novo Programa de Pesquisa e Desenvolvimento da ANEEL (ProPDI) tem fomentado a inovação no setor elétrico, incentivando projetos que abordem as necessidades do setor e estimulem o avanço tecnológico. Nesse contexto, o presente trabalho se alinha com o novo ProPDI, buscando soluções baseadas em inteligência artificial para otimizar processos e promover uma gestão do conhecimento mais eficaz.

Considerando a maturidade atual das soluções viáveis e o contexto do setor de energia elétrica, a criação de soluções com modelos de linguagem apresenta um potencial para gerar diversos benefícios. A ferramenta pode reduzir em 20% a 30% o tempo dedicado à elaboração de análises, relatórios e documentos, além de viabilizar a retenção do conhecimento especializado em uma aplicação treinada especificamente para esse fim. Ela também possibilita o monitoramento eficiente de informações e dados relevantes para o setor, com foco na classificação de entidades nomeadas. Além disso, a solução tem o potencial de melhorar a adesão regulatória, permitindo que consumidores de todas as classes se beneficiem de análises e decisões mais abrangentes, o que se traduz em maior alinhamento com os prazos e processos estabelecidos na regulamentação.

A metodologia de desenvolvimento buscou compreender em profundidade as necessidades dos potenciais usuários da ferramenta, através de estudos empíricos e de abordagens centradas no usuário. A fase inicial teve como objetivo o design exploratório para mapear os processos que podem se beneficiar do uso da inteligência artificial, identificando as reais dores e demandas dos diversos setores da CEMIG. Em seguida, foram construídas, com o objetivo de validar a cadeia de valor da tecnologia e ajustar as soluções propostas à realidade do setor elétrico.

A construção de soluções com inteligência artificial, após passar pelas fases de pesquisa, desenvolvimento e testes, demonstrou resultados em diversas áreas da CEMIG, comprovando seu valor para o setor elétrico. A aplicação da metodologia focada nas necessidades do setor resultou em casos de uso nas áreas de auditoria interna, jurídica e inovação/P&D&I. Na auditoria interna, a solução agiliza a identificação de riscos, fornece subsídios para avaliação e auxilia na elaboração de programas de teste, além de viabilizar a padronização de processos. Na área jurídica, a ferramenta acelera a análise de documentos legais e técnicos, auxiliando na tomada de decisões. Já em inovação e P&D&I, a solução facilita a tomada de decisões mais informadas no desenvolvimento e gestão de projetos, além de fomentar a identificação de novas parcerias estratégicas com startups e hubs de inovação.

2. Desenvolvimento

O desenvolvimento da solução envolve desde a compreensão do contexto em que ele será inserido até a validação e o lançamento de uma solução para o setor elétrico. A complexidade inerente ao setor, com sua alta regulamentação, exigências técnicas e o grande volume de documentos, demanda uma abordagem metodológica que alinhe pesquisa, desenvolvimento e testes práticos.

A etapa inicial concentrou na exploração e entendimento do cenário do setor elétrico brasileiro e das demandas das áreas da CEMIG. Uma análise foi realizada para compreender as especificidades dos processos técnicos e a natureza dos documentos utilizados. A definição dos potenciais caminhos de negócio da solução foi uma fase importante do processo, buscando identificar as possibilidades de aplicação e os nichos de mercado. O projeto vai além da criação de uma ferramenta de uso interno, ao buscar o licen-

ciamento da tecnologia, abrindo espaço para a geração de novas aplicações e o auxílio na tomada de decisões, na otimização de processos e em novas frentes de negócios.

A fase de ideação e prototipagem das soluções iniciais busca gerar um protótipo que permita a interação dos usuários com a ferramenta, através de uma interface amigável. Essa aplicação piloto tem o objetivo de demonstrar a tecnologia de forma prática e intuitiva, realizando consultas e obtendo respostas precisas e relevantes. O refinamento das demandas identificadas pelas áreas piloto, como auditoria interna, jurídica, inovação e P&D&I, durante a fase de fundamentação, é essencial para direcionar o desenvolvimento de forma estratégica.

Finalmente, na fase de validação, as soluções propostas foram testadas e o retorno dos usuários foi utilizado para gerar melhorias contínuas. O desenvolvimento da solução tem sido um processo iterativo e adaptável, desde a compreensão do contexto até a validação e o lançamento para garantir que o modelo atinja seu potencial e transforme o setor de energia por meio da inovação.

2.1 Explorando e Entendendo o Contexto

Esta fase visou à construção de uma base sólida de conhecimento sobre o setor elétrico e seus potenciais desafios e oportunidades, por meio de um levantamento sistemático de informações e da coleta de dados qualitativos junto a diferentes áreas de atuação. Para isso, foi conduzido um levantamento extensivo de informações, com a equipe de pesquisa dedicando-se à análise de um diversificado conjunto de fontes, incluindo artigos acadêmicos, dissertações, periódicos e reportagens. Essas fontes foram selecionadas para proporcionar uma visão abrangente do tema, abordando os desafios e oportunidades do setor.

Com base nesse entendimento inicial, a pesquisa prosseguiu para uma fase de entrevistas em profundidade com as áreas de atuação dentro da CEMIG. Para isso, foram elaborados roteiros de entrevistas que buscavam explorar aspectos centrais para a compreensão de dores, necessidades e motivações dos entrevistados, a fim de se obter uma grande variedade de pontos de vista, encontrar padrões e gerar novas ideias. Ao todo, foram realizadas 12 entrevistas, com duração média de uma hora, com representantes de diversos segmentos, incluindo as áreas de auditoria interna, regulação, jurídica, comercial e inovação. A diversidade dos participantes permitiu a coleta de uma ampla gama de perspectivas técnicas, comerciais e estratégicas.

A execução dessa fase de entrevistas apresentou desafios, particularmente na prospecção e no recrutamento de entrevistados, uma vez que muitos atores do setor ainda possuem conhecimento limitado sobre as tecnologias e tendências emergentes. A ausência de casos de sucesso consolidados exigiu dos entrevistados um exercício de abstração para projetar as oportunidades e dificuldades em suas operações, o que, por vezes, limitou a obtenção de contribuições mais específicas.

2.2 Definição das Potenciais Aplicações no Setor Elétrico

A diversidade de participantes e áreas permitiu a coleta de uma gama ampla de perspectivas técnicas, comerciais e estratégicas sobre o setor elétrico. Dentre as áreas entrevistadas, auditoria interna, jurídica e inovação foram selecionadas para a fase de testes da solução. Essa escolha estratégica se baseia na diversidade de necessidades e perfis identificados nessas áreas, o que permitiu avaliar a plataforma em diferentes contextos e sob diferentes demandas. Além disso, esses times demonstraram alto nível de engajamento e interesse durante as entrevistas, sinalizando uma receptividade positiva para a adoção da ferramenta e a colaboração na sua validação e aprimoramento.

Esta etapa teve como foco o processamento e a síntese das entrevistas realizadas, utilizando técnicas de clusterização e análises para gerar uma compreensão aprofundada das necessidades das áreas de Auditoria Interna, Jurídica e Inovação da CEMIG. O objetivo foi identificar as principais demandas e oportunidades para a aplicação de LLMs no contexto do setor elétrico. A síntese foi consolidada conectando os aprendizados, destacando as principais dores e oportunidades e evidenciando falas de impacto que sustentam cada trecho da narrativa.

A partir dessa análise, foi possível compreender que essas áreas lidam com um grande volume de informações textuais complexas e em constante mutação, incluindo regulamentações, normas técnicas, relatórios de auditoria, contratos e documentos estratégicos. A análise manual desses documentos é um processo moroso e suscetível a erros, o que impacta a eficiência operacional e a tomada de decisão.

Nesse contexto, os LLMs surgem como uma solução capaz de processar, analisar e gerar grandes volumes de texto de forma automatizada e inteligente. Os benefícios potenciais, como a redução do tempo gasto na busca e análise de documentos, a melhoria na precisão das análises, a geração automatizada de relatórios e a sumarização de documentos extensos, foram bem recebidos pelos entrevistados. No entanto, desafios relacionados à confiabilidade das informações geradas pelos LLMs, à necessidade de treinamento dos modelos com dados específicos do setor elétrico e à integração da plataforma com os sistemas existentes foram apontados como barreiras para sua implementação.

Outro ponto crítico é a necessidade de garantir a transparência e a explicabilidade das decisões tomadas pelos LLMs, especialmente em áreas sensíveis como auditoria e jurídico. O desenvolvimento de interfaces que permitam aos usuários compreender o raciocínio por trás das respostas geradas pelos modelos é importante para promover a confiança e a adoção da tecnologia.

A definição dos modelos de negócio da plataforma foi guiada pela busca por soluções que gerem valor para a empresa, para seus parceiros e para o setor elétrico como um todo, através do licenciamento da tecnologia, da criação de aplicações específicas, da otimização de processos, do suporte à tomada de decisão estratégica e da exploração de novas frentes de negócios. A flexibilidade e o potencial da tecnologia permitem a criação de modelos que respondam a diversas necessidades das áreas de auditoria, jurídica e inovação e que consolidem a plataforma como uma ferramenta inovadora e transformadora para o setor de energia brasileiro.

2.3 Estudo de Caso de Auditoria Interna na CEMIG

A aplicação da plataforma de IA baseada em LLMs na área de Auditoria Interna da CEMIG permitirá a automatização de tarefas, a análise inteligente de dados não estruturados e o acesso a informações para a melhoria contínua dos processos. O estudo de caso concentra em três frentes principais: elaboração de programas de teste de auditoria, execução de testes em dados não estruturados e suporte a benchmarking. Atualmente, a elaboração de programas de teste é um processo manual e demorado, exigindo dos auditores um profundo conhecimento das regulamentações da ANEEL, como a Resolução Normativa 414 da Aneel. A plataforma de IA, através de seus LLMs, poderá gerar automaticamente programas de teste customizados com base nessas regulamentações, acelerando esse processo. A solução também permitirá que os auditores personalizem os programas gerados, adicionando ou modificando testes de acordo com as necessidades específicas de cada auditoria. Além disso, a plataforma permitirá a integração com bases normativas e procedimentos internos da CEMIG, garantindo a consistência e a conformidade dos programas de teste.

A auditoria frequentemente envolve a análise de grandes volumes de documentos não estruturados, como os Planos de Ação de Emergência (PAEs). A plataforma de IA será capaz de analisar esses documentos de forma automatizada, identificando, por exemplo, PAEs desatualizados ou incompletos. Os LLMs também serão treinados para classificar entidades nomeadas (NER) relevantes ao setor elétrico, extraindo informações críticas desses documentos, como nomes de responsáveis, datas e locais, facilitando a análise e a identificação de riscos.

A plataforma de IA auxiliará os auditores na comparação das práticas internas da CEMIG com as melhores práticas do setor elétrico. A solução poderá acessar e analisar dados de associações setoriais, normativas e benchmarks relevantes, fornecendo insights valiosos para a melhoria dos processos internos. Além disso, a plataforma poderá propor a padronização de procedimentos em transações similares, identificando oportunidades para aumentar a eficiência e a conformidade em toda a organização.

2.4 Estudo de Caso do setor jurídico na CEMIG

A área Jurídica da CEMIG, responsável por diversas atividades que vão desde a elaboração de defesas em processos judiciais até a assessoria em operações societárias complexas, apresenta um caso de uso de alto impacto para a implementação da plataforma de IA. A solução proposta visa auxiliar os advogados em suas atividades diárias, automatizando tarefas e otimizando a gestão processual, permitindo que se concentrem em atividades estratégicas e de maior complexidade.

A implementação da plataforma de IA permitirá que os advogados da CEMIG otimizem seu tempo, reduzam a carga de trabalho manual e aumentem a eficiência na execução de suas atividades. O foco inicial do case é a análise de documentos jurídicos e o auxílio na construção de petições iniciais, duas atividades importantes e que consomem parcela significativa do tempo dos advogados.

Os advogados da CEMIG lidam diariamente com um grande volume de documentos, como contratos, acordos, convênios, documentos societários, notificações extrajudiciais, editais, licitações, relatórios de escritórios externos, além de citações e intimações. A plataforma de IA, munida de LLMs treinados com dados jurídicos relevantes e regulamentações do setor elétrico, poderá auxiliar na análise desses documentos. Essa funcionalidade agilizará tarefas como a elaboração de pareceres jurídicos, o suporte a outras áreas em dúvidas jurídicas e a prevenção de riscos legais.

A elaboração de petições iniciais é uma atividade complexa que exige a compilação e organização de informações de diversas fontes, a pesquisa de jurisprudência e doutrina, e a redação de uma peça processual coesa e persuasiva. A plataforma de IA poderá auxiliar os advogados nesse processo, sugerindo estruturas de petição com base no tipo de processo, identificando e resumindo jurisprudência e doutrina relevantes, e até mesmo gerando trechos de texto com base nos fatos do caso e nas informações fornecidas pelos advogados. Isso impactará diretamente atividades como a elaboração de defesas e o acompanhamento das fases processuais, ao agilizar a produção de peças processuais e fornecer subsídios mais robustos para a defesa da Companhia.

2.5 Estudo de Caso da área de inovação na CEMIG

A área de Inovação da CEMIG, responsável por fomentar a pesquisa e o desenvolvimento de novas tecnologias e soluções para o setor elétrico, apresenta um vasto e estratégico campo de aplicação para a plataforma de IA baseada em LLMs. A solução proposta visa otimizar processos de pesquisa, análise de dados e gestão do conhecimento, acelerando o ciclo de inovação e maximizando o retorno sobre os investimentos em P&D.

A plataforma de IA será utilizada na pesquisa de anterioridade de P&Ds, realizando buscas automatizadas e inteligentes tanto na base de projetos da CEMIG quanto em toda a base da ANEEL, permitindo identificar rapidamente pesquisas já realizadas e evitando a duplicação de esforços. Facilitará a análise comparativa da distribuição de recursos, segmentando os dados por rubrica, tema estratégico e fase da cadeia de inovação (TRL), fornecendo uma visão gerencial e estratégica sobre os investimentos em P&D. A plataforma também poderá realizar um comparativo dos valores de HH por função e categoria nos projetos, fornecendo dados para a otimização da alocação de recursos humanos e para a negociação com parceiros.

Atuando como um repositório inteligente de conhecimento, a plataforma permitirá consultas rápidas e precisas a pontos específicos do Manual de PDI, resoluções e todas as consultas públicas e chamadas da ANEEL e de outras empresas do setor elétrico, crucial para a identificação de oportunidades de projetos cooperados, ao identificar similaridades de focos de pesquisa entre diferentes instituições.

A plataforma facilitará a gestão da propriedade intelectual, realizando buscas automatizadas de PIs e registros de software na base da CEMIG e em bases externas como a do INPI, além de fornecer estatísticas sobre PI registrada. A consulta às Chamadas de Inovação da CEMIG, suas regras, documentos e anexos, também será simplificada, agilizando o processo de submissão de projetos. A elaboração de relatórios e documentos relacionados será facilitada pela capacidade dos LLMs de gerar textos coesos e gramatical-

mente corretos, e a simulação de diferentes cenários auxiliará na antecipação de desafios e oportunidades. Por fim, a plataforma poderá avaliar as habilidades, competências e experiências necessárias para a execução de um projeto, com base na descrição dos produtos e na complexidade do projeto, e até mesmo indicar os empregados mais adequados para participar das equipes, otimizando a alocação de talentos e maximizando as chances de sucesso dos projetos de inovação.

2.6 Arquitetura da Plataforma de Inteligência Artificial utilizando Grandes Modelos de Linguagem

Para atender às demandas diversificadas dos diferentes casos de uso identificados, como auditoria interna, jurídico e inovação, é essencial contar com uma plataforma baseada em uma arquitetura que utilize Grandes Modelos de Linguagem (LLMs). Essa arquitetura possibilita o processamento eficiente de grandes volumes de dados textuais, a análise inteligente de informações e a geração de respostas personalizadas, alinhadas às necessidades específicas de cada área.

A Figura 1 apresenta a arquitetura criada para a solução de cases. A construção de uma plataforma envolve a integração de vários componentes, cada um desempenhando um papel específico. O fluxo da mensagem segue um caminho, da entrada no dispositivo do usuário, através da internet, do API Gateway, do Chat Service e do Notification Service, até a entrega final ao usuário, garantindo uma experiência de conversação eficiente e em tempo real. Essa arquitetura modular permite escalabilidade e facilita a manutenção do sistema.

O ponto inicial desse sistema é o dispositivo do usuário, que pode ser um celular, tablet ou computador. O usuário inicia uma conversa digitando sua mensagem, que, em seguida, é encaminhada através da internet, simbolizada por um ícone de antena. Essa mensagem não segue diretamente para o destino, passando primeiro por um componente central do processo, denominado “API Gateway”.

O API Gateway funciona como um porteiro inteligente, responsável por receber todas as requisições, seja de mensagens de texto ou outras formas de interação. Ele direciona as mensagens para o componente correto, mantendo a organização e segurança do sistema. No caso de mensagens para o chat, o API Gateway encaminha as solicitações para o “Chat Service”.

O Chat Service é o coração do sistema de chat, onde ocorrem os principais processos. Ele recebe a mensagem do API Gateway e realiza diversas tarefas como o armazenamento, processamento e roteamento da mensagem. Este componente pode ser o responsável por gerenciar o histórico das conversas, a persistência das mensagens e o envio de notificações.

Para que as mensagens sejam entregues corretamente aos usuários, o Chat Service se comunica com um componente chamado “Notification Service”. Este serviço gerencia as notificações push para os dispositivos dos usuários, garantindo que eles recebam um alerta quando uma nova mensagem chegar.

Finalmente, a mensagem é entregue ao usuário através de uma conexão contínua e em tempo real, ilustrada na imagem. O usuário visualiza a mensagem em seu dispositivo, concluindo o ciclo de comunicação.

Cada um desses componentes utiliza tecnologias específicas para seu funcionamento. O API Gateway pode ser construído com ferramentas como Kong ou Nginx, que oferecem gerenciamento de APIs, balanceamento de carga e outras funcionalidades. O Chat Service pode usar frameworks como Node.js ou Python, que facilitam a criação de aplicativos em tempo real e a conexão com bancos de dados. Para a comunicação em tempo real, tecnologias como WebSockets ou Server-Sent Events podem ser utilizadas. O Notification Service frequentemente se conecta com serviços de notificação de terceiros, como Firebase Cloud Messaging (FCM) ou Apple Push Notification Service (APNS).

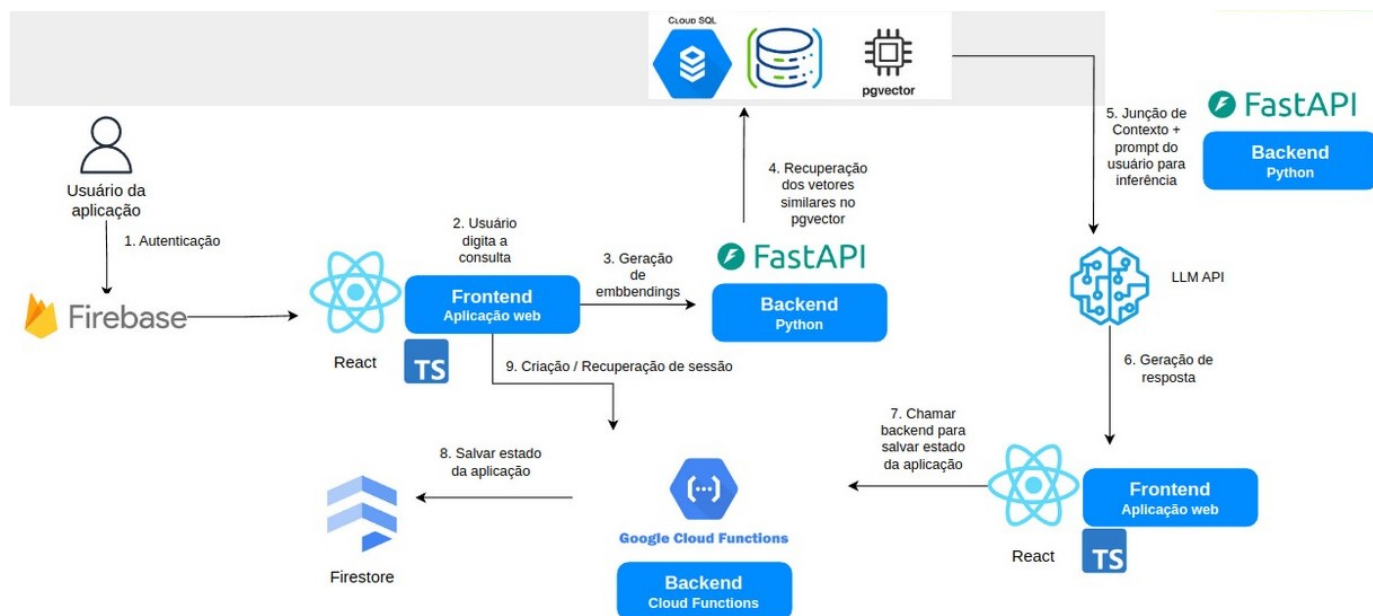


Figura 1. Arquitetura para construção de casos de uso utilizando modelos de linguagem de grande porte. A arquitetura atende às demandas dos casos de uso ao permitir a integração com bases de dados específicas de cada área, como regulamentações do setor elétrico, documentos jurídicos e registros de propriedade intelectual. Essa flexibilidade garante que a plataforma seja adaptável às particularidades de cada domínio, oferecendo soluções personalizadas e otimizadas. Além disso, a modularidade da arquitetura permite expandir a plataforma para incorporar novas funcionalidades à medida que surgem demandas adicionais. Para a Auditoria Interna, por exemplo, a capacidade de processar e analisar documentos não estruturados é viabilizada pela integração com o LLM, que pode extrair informações relevantes de documentos e classificá-los de acordo com a necessidade. A geração automatizada de programas de teste é possível graças à capacidade do LLM de interpretar regulamentações e gerar texto coerente e relevante. Na área Jurídica, a análise de documentos jurídicos e a construção de petições iniciais são facilitadas pela capacidade do LLM de processar linguagem natural, identificar entidades nomeadas, resumir informações e gerar texto, otimizando o tempo dos advogados e aumentando a eficiência na execução de suas atividades. Para a área de Inovação, a arquitetura suporta a pesquisa de anterioridade, a análise comparativa de dados de P&D e a busca por startups e parceiros, através da integração com o LLM e da capacidade de realizar buscas em bases de dados internas e externas.

A possibilidade de realizar consultas a documentos é viabilizada pelo armazenamento e recuperação eficiente de informações, permitindo que os usuários da área de Inovação acessem rapidamente o conhecimento necessário. O design modular e escalável da arquitetura permite a expansão da plataforma para atender a novos casos de uso e a um número crescente de usuários, garantindo que a solução continue a agregar valor à CEMIG e ao setor elétrico ao longo do tempo. O uso de tecnologias, como Node.js ou Python, para o desenvolvimento do Chat Service, combinado com ferramentas de gerenciamento de APIs, como Kong ou Nginx no API Gateway, garante a robustez e a escalabilidade necessárias para lidar com volumes crescentes de dados e usuários. Essa arquitetura não apenas suporta as operações atuais, mas também estabelece a base para inovação contínua, permitindo que a plataforma evolua em sinergia com as necessidades do setor elétrico e das áreas de negócio envolvidas.

2.7 Validação e Estratégia “Mínima” Go-to-Market

A validação e a definição de uma estratégia “mínima” go-to-market representam uma fase crucial no desenvolvimento da plataforma de inteligência artificial utilizando grandes modelos de linguagem. Essa etapa

é orientada pela busca de evidências práticas e tangíveis sobre a usabilidade, eficácia e potencial da ferramenta. Ao invés de adotar uma abordagem teórica, o processo de validação se baseia em experimentos e casos de uso reais, que proporcionam um entendimento profundo do valor da plataforma em diferentes contextos.

A validação da plataforma segue um processo iterativo e focado em resultados práticos. Através de um framework de sprints, cada ciclo de desenvolvimento é direcionado para testar hipóteses, ajustar e aprimorar a plataforma, com base no feedback coletado. Em vez de optar por um lançamento massivo e indiscriminado, a estratégia prioriza a validação gradual por meio de casos de uso específicos, demonstrando o potencial da ferramenta em cenários reais e construindo um portfólio de resultados concretos que podem ser replicados e expandidos. Nos casos de uso, a ferramenta demonstrou sua capacidade de:

- Auditoria interna: permite agilizar a identificação de riscos e auxiliar na padronização de processos, revelando o potencial de gerar economia de recursos e aprimorar o controle interno.
- Regulação e jurídico: permite o processamento de documentos complexos, com o intuito de reduzir o tempo de análise e fornecer subsídios robustos para decisões estratégicas.
- Inovação e P&D: busca facilitar a gestão de projetos, otimizando a alocação de recursos e reduzir custos associados à pesquisa e desenvolvimento.

A abrangência da plataforma, entretanto, transcende os limites da CEMIG. As soluções desenvolvidas possuem alta escalabilidade e adaptabilidade, podendo ser customizadas para outras empresas do setor elétrico, em diferentes regiões do Brasil, e até mesmo para outros setores que necessitam de ferramentas avançadas para a gestão do conhecimento. A estratégia de lançamento progressivo visa explorar esse potencial de escalabilidade da plataforma, por meio de parcerias estratégicas e licenciamentos, permitindo que diversas empresas e organizações se beneficiem da tecnologia. Dessa forma, a plataforma tem o potencial de ser utilizado como base para o desenvolvimento de ferramentas especializadas para outras entidades do setor, impulsionando a inovação e o progresso tecnológico em todo o país.

Essa abordagem "mínima", mas robusta, fundamentada em resultados concretos e no feedback contínuo dos usuários, permite que a tecnologia seja introduzida no mercado de maneira segura, sustentável e com alto potencial de gerar resultados positivos tanto para a CEMIG quanto para todo o setor elétrico brasileiro. A partir desses resultados iniciais, a plataforma se consolida como uma solução transformadora e promissora, permitindo uma evolução do setor de energia por meio da inovação tecnológica.

Para validar os conceitos e a arquitetura propostos para a plataforma de IA, um protótipo funcional foi desenvolvido, permitindo aos usuários interagir com o modelo de linguagem em um ambiente controlado. A Figura 2 apresenta a interface de usuário desse protótipo, denominada EnergyGPT, que exemplifica a simplicidade e a eficiência buscadas no projeto.

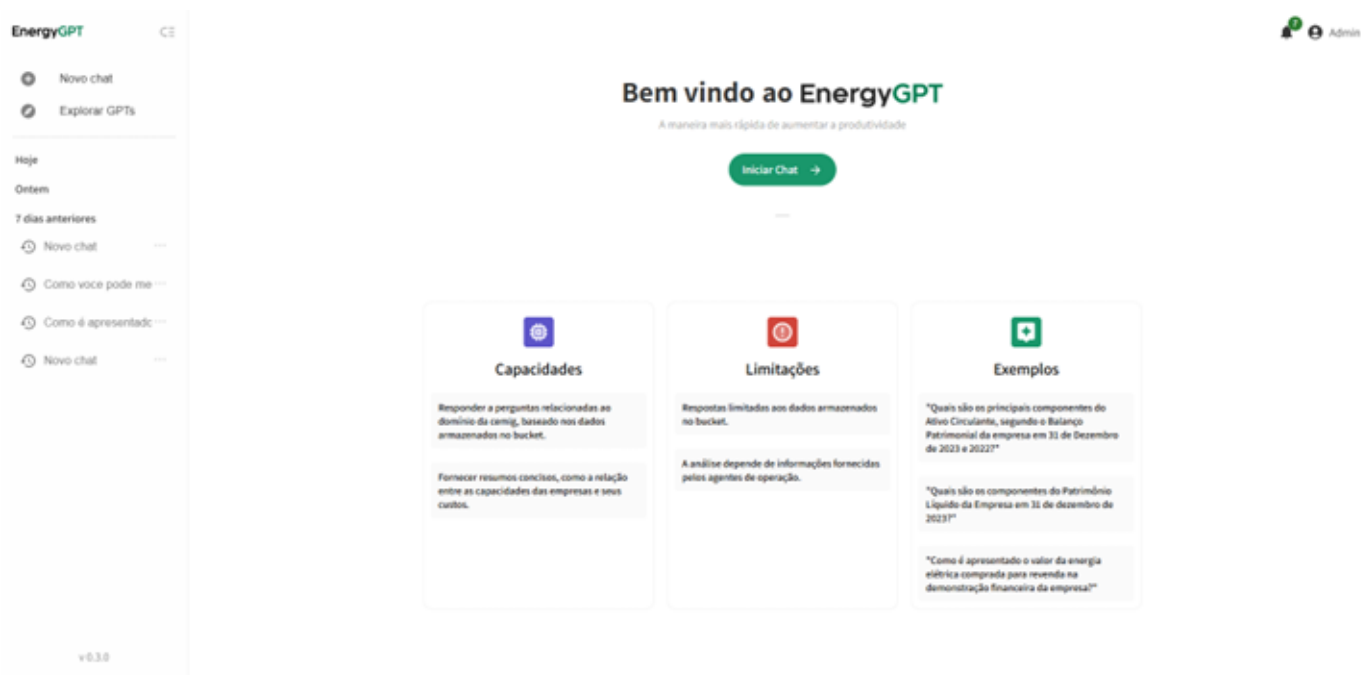


Figura 2. Tela do protótipo EnergyGPT.

A interface do EnergyGPT é minimalista e intuitiva. No canto superior esquerdo, o menu principal permite ao usuário iniciar um "Novo chat" ou "Explorar GPTs", indicando a possibilidade de interagir com diferentes versões ou especializações do modelo. O histórico de conversas é organizado cronologicamente, com seções para "Hoje", "Ontem" e "7 dias anteriores", facilitando o acesso a interações passadas.

Centralizada na tela, uma mensagem de boas-vindas ("Bem vindo ao EnergyGPT - A maneira mais rápida de aumentar a produtividade") e um botão "Iniciar Chat" incentivam o usuário a começar a interagir. Logo abaixo, três blocos fornecem informações essenciais sobre a plataforma:

- **Capacidades:** descreve as habilidades da plataforma responder perguntas relacionadas ao domínio da CEMIG e fornecer resumos concisos.
- **Limitações:** apresenta as restrições do modelo, como a dependência de dados armazenados em um bucket específico e a influência de informações fornecidas por agentes de operação.
- **Exemplos:** oferece sugestões de perguntas que podem ser feitas, demonstrando o escopo de sua aplicabilidade e auxiliando o usuário na formulação de suas consultas.

Essa interface amigável e informativa permite que os usuários testem as funcionalidades da plataforma de inteligência artificial de forma prática e intuitiva. Através da interação com o protótipo, os usuários podem validar a capacidade do modelo de responder a perguntas, gerar resumos e auxiliar em tarefas relacionadas ao setor elétrico. O protótipo, portanto, serve como uma ferramenta crucial para a validação dos conceitos, a identificação de pontos de melhoria e a demonstração do potencial da plataforma de IA para os clientes do projeto.

3. Conclusão

Este trabalho investigou o desenvolvimento de uma plataforma de inteligência artificial para análise de documentos e automação de tarefas no setor elétrico, com foco em aplicações para a CEMIG. A plataforma

proposta visa aumentar a eficiência operacional ao reduzir o tempo gasto na busca e elaboração de documentos, além de otimizar a gestão do conhecimento por meio da sumarização e aglutinação de informações relevantes. A arquitetura da solução foi concebida como uma plataforma tecnológica, criando um ambiente propício para o desenvolvimento de soluções derivadas, alavancando a inovação e a competitividade do setor elétrico brasileiro.

A metodologia de desenvolvimento buscou compreender em profundidade as necessidades dos potenciais usuários da ferramenta, por meio de estudos empíricos e de abordagens centradas no usuário. Foram realizados estudos de caso nas áreas de auditoria interna, jurídica e inovação/P&D&I da CEMIG, demonstrando o valor da plataforma para o setor elétrico. A aplicação da metodologia focada nas necessidades do setor resultou em casos de uso que comprovam a capacidade da ferramenta em agilizar a identificação de riscos, auxiliar na padronização de processos, processar documentos complexos, reduzir o tempo de análise, fornecer subsídios robustos para decisões estratégicas, facilitar a gestão de projetos, otimizar a alocação de recursos e reduzir custos associados à pesquisa e desenvolvimento.

A estratégia de validação e go-to-market "mínima", baseada em experimentos e casos de uso reais, permitiu demonstrar o potencial da ferramenta em cenários reais e construir um portfólio de resultados concretos. A plataforma se mostrou capaz de gerar valor para a CEMIG e possui alta escalabilidade e adaptabilidade, podendo ser customizada para outras empresas do setor elétrico e até mesmo para outros setores.

Como trabalhos futuros, este projeto vislumbra a expansão e o aprimoramento contínuo da plataforma em três frentes principais. Primeiramente, evoluir a plataforma para atender a uma gama mais ampla de estudos de caso, de forma a abranger outros departamentos e processos dentro da CEMIG e, potencialmente, em outras empresas do setor elétrico. Essa expansão permitirá uma maior compreensão dos diversos desafios e oportunidades presentes no setor, maximizando o valor gerado pela plataforma. Em segundo lugar, o projeto prevê o aprimoramento da capacidade da plataforma para lidar com documentos de planilhas. Atualmente, os LLMs são otimizados para processar texto, e a estrutura tabular das planilhas, amplamente utilizadas no setor elétrico para armazenar dados financeiros, operacionais e regulatórios, representa um desafio. O desenvolvimento de técnicas que permitam à plataforma extrair, analisar e interpretar informações contidas em planilhas de forma eficiente e precisa é um passo fundamental para aumentar sua utilidade e aplicabilidade no contexto do setor elétrico.

Por fim, o projeto almeja o desenvolvimento de um modelo de linguagem próprio, especificamente treinado com um vasto corpus de dados do setor elétrico brasileiro. Este modelo, ao contrário dos LLMs genéricos, terá um conhecimento profundo das terminologias, regulamentações, processos e desafios específicos desse domínio. Isso permitirá uma maior precisão e eficiência na análise de documentos, superando as limitações dos modelos genéricos que podem apresentar dificuldades na interpretação de jargões técnicos ou na compreensão de nuances contextuais do setor.

4. Referências bibliográficas

ANEEL. ProPDI - Programa de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação. Agência Nacional de Energia Elétrica, 2024.

Brandão, Rodrigo. The current scenario of Artificial Intelligence development in Brazil. CETIC, 2024. p. 1-52.

LIU, Mingzhe et al. Large language models for building energy applications: Opportunities and challenges. In: Building Simulation. Beijing: Tsinghua University Press, 2025. p. 1-10.

MAJUMDER, Subir et al. Exploring the capabilities and limitations of large language models in the electric energy sector. Joule, v. 8, n. 6, p. 1544-1549, 2024.

SINDHU, B. et al. The evolution of large language model: Models, applications and challenges. In: 2024 International Conference on Current Trends in Advanced Computing (ICCTAC). IEEE, 2024. p. 1-8.

YAN, Lixiang et al. Promises and challenges of generative artificial intelligence for human learning. *Nature Human Behaviour*, v. 8, n. 10, p. 1839-1850, 2024.

ZHANG, Xiangyu et al. Deep generative models in energy system applications: Review, challenges, and future directions. *Applied Energy*, v. 380, p. 125059, 2025.