

ATENA: Ambiente de desenvolvimento de trilhas especializadas e núcleo analítico para auditoria contínua

Alessandro de Oliveira Borges¹

Resumo: Este artigo apresenta o projeto ATENA (Ambiente de Desenvolvimento de Trilhas Especializadas e Núcleo Analítico), uma inovação em desenvolvimento pela CGPLA/SFC/CGU que aprimora o processo de criação e execução de trilhas de auditoria através da aplicação sistemática de Inteligência Artificial. O sistema aborda três desafios críticos da auditoria governamental moderna: a volatilidade normativa, a complexidade na criação de testes especializados e a necessidade de tempestividade na detecção de irregularidades. A solução proposta integra tecnologias avançadas de processamento de linguagem natural, busca semântica e análise automatizada para criar um ambiente onde auditores podem desenvolver, testar e implementar trilhas de auditoria de forma ágil e adaptativa, mantendo a precisão técnica e o rigor metodológico exigidos pela auditoria governamental.

Palavras-chave: Auditoria governamental, inteligência artificial, RAG, trilhas de auditoria, automação de processos

1. INTRODUÇÃO

1.1. Objetivos

O projeto ATENA busca o desenvolvimento uma plataforma integrada para criação ágil de trilhas de auditoria, com quatro objetivos principais: automatizar a análise de impactos normativos nas trilhas, desenvolver geradores especializados para diferentes tipos de verificação (documental, cruzamento de dados e análise decisória), criar um ambiente de validação iterativa antes da implementação em produção, e integrar-se ao ecossistema de auditoria inteligente da CGU.

1.2. Contexto e desafios

O ambiente normativo brasileiro evolui em ritmo acelerado, com constantes alterações em leis, decretos e jurisprudência que frequentemente superam a capacidade adaptativa das equipes de auditoria. Este descompasso gera vulnerabilidades nos processos de controle, comprometendo a eficácia da fiscalização (Mattos, 2017; Oliveira, 2020). Paralelamente, o crescimento exponencial de dados governamentais disponíveis torna-se contraproducente quando os instrumentos analíticos não acompanham essa expansão.

1. Engenheiro Civil – UFG. Especialista em Ciência da Computação – UnB. Auditor Federal de Finanças e Controle – CGU. Analista de Infraestrutura – MPOG. Software & Application Development Manager - Fracture Technologies Ltd (Reino Unido). Professor 3º Grau (UNICESP e CEFET-Go). Analista de TI – Dataprev.

O sistema ALICE demonstrou o potencial transformador da inteligência artificial na auditoria contínua, gerando R\$ 1,2 bilhão em benefícios apenas em 2024 (CGU, 2025). Contudo, sua experiência revelou limitações importantes: dificuldade de adaptação rápida a mudanças normativas e complexidade para expandir análises além de domínios específicos, motivando o desenvolvimento do ATENA como resposta a essas lacunas.

1.3. Problemática da criação e manutenção de trilhas de auditoria

A criação eficaz de trilhas de auditoria exige domínio simultâneo de aspectos técnicos da área auditada e do complexo arcabouço normativo brasileiro, que engloba desde dispositivos constitucionais até regulamentos setoriais, passando pela jurisprudência dos tribunais superiores e, especialmente, os entendimentos do TCU sobre gestão pública e pareceres da AGU.

As modificações normativas provocam efeitos cascata que impactam múltiplas verificações correlatas – uma mudança jurisprudencial sobre licitações afeta contratos, convênios e parcerias simultaneamente.

A manutenção manual tradicional tornou-se insustentável diante da necessidade de revisar continuamente centenas de procedimentos, identificar incompatibilidades normativas e redesenhar testes. Este processo laborioso gera inconsistências e permite a persistência de verificações desatualizadas ou ausência de controles necessários.

As trilhas eficazes operam em três dimensões analíticas distintas: verificações documentais com processamento de linguagem natural, cruzamentos de dados através de SQL complexo em bases heterogêneas, e análises decisórias baseadas em regras de negócio que refletem critérios normativos. Cada dimensão exige competências específicas raramente concentradas em uma única equipe – auditores dominam regulamentos, mas carecem de expertise algorítmica, enquanto tecnólogos compreendem a implementação, mas não as nuances regulamentares.

A auditoria governamental moderna depende da detecção tempestiva de irregularidades. Controles tardios identificam problemas quando danos já foram consumados e recuperação tornou-se limitada. A auditoria contínua responde a essa necessi-

dade, mas sua eficácia requer não apenas desenvolvimento ágil de verificações, mas também execução sistemática e automatizada integrada ao fluxo operacional dos sistemas de controle.

1.4. Questões de pesquisa

O desenvolvimento do ATENA orienta-se por questões fundamentais sobre a automação de processos de auditoria: como manter trilhas de auditoria consistentemente atualizadas face à constante evolução normativa? De que forma diferentes tipos de verificação (textual, numérica, decisória) podem ser sistematicamente gerados e validados? Como equilibrar automação com supervisão humana na criação de procedimentos de controle? Qual arquitetura técnica permite integração eficaz com sistemas legados mantendo flexibilidade para evolução futura?

2. METODOLOGIA E FERRAMENTAS UTILIZADAS

2.1 Abordagem metodológica

O desenvolvimento do ATENA adota metodologia baseada em arquitetura modular que permite desenvolvimento, teste e implementação independente de componentes especializados. Esta abordagem facilita validação progressiva de funcionalidades e reduz riscos associados à implementação de sistema complexo em ambiente crítico como auditoria governamental.

A metodologia incorpora princípios de desenvolvimento ágil adaptados para contexto governamental, incluindo ciclos iterativos de desenvolvimento com validação contínua por especialistas em auditoria, prototipagem rápida para teste de conceitos antes de implementação completa, documentação técnica detalhada para garantir transparência e auditabilidade dos processos automatizados e testes de integração progressivos com sistemas existentes.

2.2 Arquitetura técnica

A implementação do ATENA baseia-se em Java Spring como framework principal, aproveitando sua robustez para desenvolvimento de aplicações corporativas e sua adequação ao ambiente tecnológico da administração pública federal. Esta escolha garante compatibilidade com infraestruturas existentes e facilita manutenção evolutiva e suporte.

Para armazenamento e recuperação de informações semânticas, o sistema utiliza PostgreSQL com extensão PGVector e suporte nativo à pesquisa textual. Esta combinação permite implementar funcionalidades de busca híbrida (textual e semântica) sem comprometer performance ou confiabilidade, integrando capacidades de RAG (Retrieval-Augmented Generation) com estruturas relacionais tradicionais.

A integração com capacidades de inteligência artificial é realizada através de APIs RESTful que permitem acesso tanto a serviços externos quanto a modelos locais, garantindo flexibilidade operacional e adequação a diferentes requisitos de segurança e privacidade. As funcionalidades que requerem interoperabilidade específica com IA/LLM são delegadas ao Liv. IA, middleware REST de apoio às operações de IA/LLM, que também em desenvolvimento na CGPLA.

2.3. Conceito e arquitetura da solução

O ATENA responderá sistematicamente aos desafios da criação e manutenção de trilhas de auditoria através de uma plataforma integrada que combina análise normativa, geração automatizada de testes e execução controlada de verificações. Esta integração permite que auditores desenvolvam, validem e implementem trilhas com agilidade, preservando o rigor metodológico exigido.

A arquitetura estrutura-se em três pilares: o Corpus Juris (base de conhecimento normativo), geradores especializados para diferentes tipos de análise, e o núcleo analítico para execução e refinamento contínuo. O sistema opera simultaneamente como ferramenta de desenvolvimento e motor de execução, estabelecendo um ciclo virtuoso de melhoria contínua.

2.3.1. Módulo Corpus Juris: base de conhecimento Normativo

O módulo Corpus Juris fornece ao ATENA um sistema RAG (Recuperação Generativa Aumentada) especializado em normativos e jurisprudência. Além de armazenar informações, organiza-as semanticamente, estabelecendo conexões inteligentes entre normas relacionadas e mantendo mapeamento dinâmico do arcabouço regulamentário.

A busca híbrida combina recuperação textual tradicional com análise semântica via embeddings

vetoriais, identificando tanto menções explícitas quanto conceitos relacionados ou impactos indiretos sobre áreas de verificação. Processos automatizados monitoram fontes oficiais, detectam modificações relevantes e atualizam conexões semânticas, mantendo a base permanentemente atualizada sem intervenção manual constante.

2.3.2. Geração especializada de trilhas

O ATENA empregará módulos especializados para verificações documentais, cruzamentos de dados e análises decisórias, garantindo a granularidade e atomicidade necessárias para testes eficazes.

Para análise documental, o sistema utilizará processamento avançado de linguagem natural, utilizando técnicas de NRE e algoritmos que consideram contexto semântico. Ao receber um escopo de verificação, realizará uma consulta à base de conhecimento normativo (Corpus Juris), identificando assim os requisitos normativos, analisa padrões similares e fará proposição de trilhas atômicas focadas em aspectos específicos.

As trilhas de auditoria por cruzamento de dados, ou simplesmente “trilhas SQL”, confrontam objetos de auditoria com dados de bases governamentais, sob a ótica dos normativos aplicáveis, correlacionando informações de diferentes fontes para detectar anomalias ou irregularidades, tais como a contratação de uma empresa (um CNPJ) sancionado em base governamental, como o CEIS (Cadastro Nacional de Empresas Inidôneas e Suspensas). Tecnicamente, as trilhas SQL são testes substantivos feitos por análise cruzada, onde a validação ocorre pela confrontação de dados independentes (ENAP, 2020). Não obstante, a qualidade da trilha SQL será medida pela sua capacidade de aplicar adequadamente as regras normativas sobre fatos com base em dados externos, sem vieses.

Para análises complexas, com vários critérios distintos, o sistema implementará testes de auditoria baseado em tabelas de decisão e algoritmos de classificação, combinando testes de diferentes tipos (lógicos, textuais, SQL) para avaliação de riscos e identificação de irregularidades nas situações que são necessários conjugar vários testes de auditoria até que se possa obter um indício ou apoiar uma opinião de auditoria.

2.3.3. Processo iterativo de definição de escopo

O ATENA inova metodologicamente através de definição iterativa de escopo, permitindo que auditores delimitem áreas de interesse gradualmente. A inteligência artificial sugere extensões, identifica áreas correlatas e propõe verificações complementares.

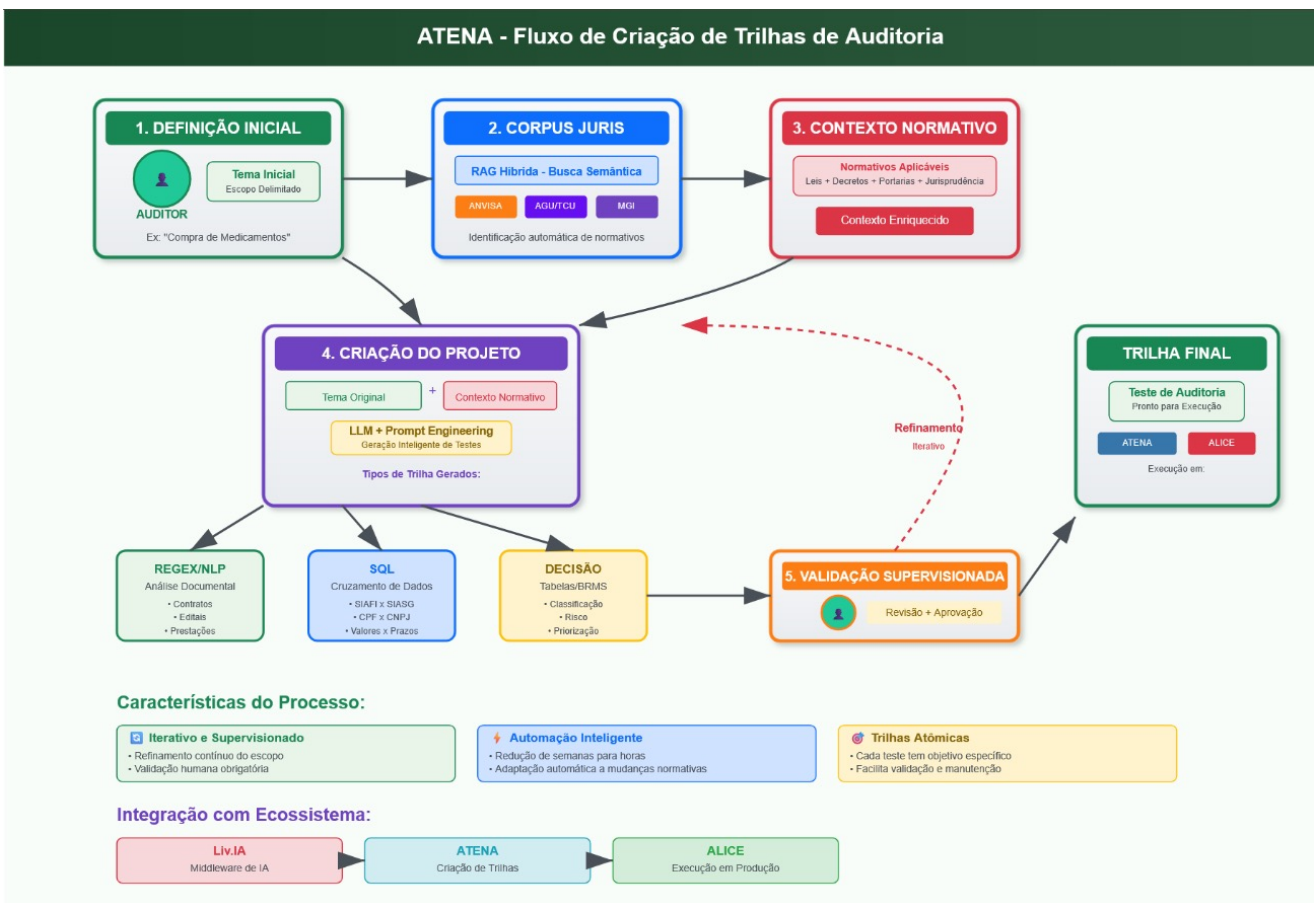
O auditor pode iniciar com um escopo amplo como “auditoria de convênios federais” ou específico como “verificação de requisitos ANVISA para medicamentos”. O sistema consulta o Corpus Juris, identifica normativos aplicáveis e apresenta refinamentos progressivos.

Este processo revela trilhas complementares que, embora relacionadas ao escopo original, justificam verificações independentes. A atomicidade garante que cada teste tenha objetivo claro e possa ser

validado, executado e refinado independentemente.

A Figura 1 a seguir ilustra o fluxo de criação de trilhas no ATENA, demonstrando como o sistema integra a definição inicial do auditor com a análise automatizada do Corpus Juris para gerar trilhas especializadas. O processo inicia com a definição do escopo pelo auditor, passa pela análise semântica de normativos aplicáveis, resulta na criação automatizada de diferentes tipos de trilhas (REGEX/NLP, SQL, Decisória) e culmina na validação supervisionada antes da implementação final. O diagrama também evidencia as características fundamentais do processo: natureza iterativa e supervisionada, automação inteligente e geração de trilhas atômicas, além da integração com o ecossistema Liv. IA-ATENA-ALICE.

FIGURA 1 - FLUXO DE CRIAÇÃO ITERATIVA DE TRILHAS ATENA



Fonte: Elaborado pelo autor, 2025.

2.3.4. Capacidade analítica autônoma

Além de gerar trilhas para execução posterior no sistema ALICE, o ATENA possui capacidade analítica própria que permite sua utilização como ferramenta de verificação direta. Esta funcionalidade é particularmente valiosa durante a fase de desenvolvimento e validação de trilhas, permitindo que auditores testem procedimentos de verificação com dados reais antes de sua implementação em produção.

A capacidade analítica do ATENA também serve como ambiente de experimentação para trilhas inovadoras ou procedimentos de verificação que ainda não atingiram maturidade suficiente para migração para o ALICE. Esta abordagem de “laboratório de trilhas” permite evolução contínua dos métodos de auditoria sem comprometer a estabilidade operacional dos sistemas de produção.

2.4. Articulações internas e externas

O desenvolvimento contou com apoio da CGPLA na alocação de recursos e acompanhamento nas sprints de inovação. Novas articulações com DIE e DTI serão necessárias para ambiente de produção e acesso ao CGUDATA.

O ATENA opera em sinergia com o Liv.IA aproveitando seu middleware para acesso unificado a diferentes provedores de IA utilizando as melhores ferramentas para cada análise independentemente de origem ou implementação.

A integração com o ALICE representa evolução natural da auditoria contínua. Trilhas validadas no ATENA migram para produção no ALICE após atingirem maturidade, garantindo qualidade sem comprometer estabilidade operacional.

Por fim, a interface com a LIA, através da DTI, permitirá maximizar sinergias com recursos de LLM já disponibilizados institucionalmente, otimizando investimentos em tecnologias de inteligência artificial.

3. RESULTADOS E IMPACTOS OBTIDOS

3.1. Estado atual do desenvolvimento

O ATENA está em desenvolvimento com arquitetura definida e componentes principais em implementação. A base conceitual originou-se da análise

dos desafios do ALICE e necessidades das equipes de auditoria.

O Corpus Juris tem requisitos especificados e parcialmente implementados: estrutura para armazenamento semântico, busca híbrida e atualização automatizada de normativos. A modelagem incluindo versionamento e rastreamento de dependências está concluída.

Os geradores de trilhas foram definidos conceitualmente com interfaces especificadas para cada tipo de análise. Templates para REGEX, SQL e tabelas de decisão desenvolvidos, aguardando implementação e validação.

3.2. Lições aprendidas

O desenvolvimento do ATENA revelou o desafio crítico de equilibrar flexibilidade e controle na automação de auditoria. A experiência do ALICE mostrou que sistemas rígidos limitam adaptação, enquanto sistemas muito flexíveis comprometem consistência.

A escolha de Java/Spring sobre Python deveu-se à compatibilidade com o ambiente corporativo da CGU e maior suporte para manutenção evolutiva. Para suprir necessidades específicas de IA/LLM, criou-se o Liv.IA como sistema complementar em Python/HuggingFace (Tunstall, 2022) para suprir a necessidade de funcionalidades de IA e LLM em baixo nível.

3.3. Impactos esperados

A implementação do ATENA espera reduzir o tempo de desenvolvimento de trilhas de semanas para horas, transformando a capacidade de resposta a mudanças normativas e detecção de irregularidades. A validação automatizada das trilhas elevará consistência e qualidade das verificações, eliminando variabilidades interpretativas entre equipes. O sistema expandirá o escopo de auditoria contínua para áreas antes inacessíveis, cobrindo a crescente complexidade governamental.

A adaptação automática a mudanças normativas eliminará verificações obsoletas, representando ruptura com a manutenção manual tradicional.

3.4. Desdobramentos esperados

Concluída a implementação dos componentes principais, o ATENA será submetido a testes de va-

lidação em ambiente controlado, utilizando cenários reais de auditoria para verificar adequação das trilhas geradas. Esta fase incluirá validação por especialistas em auditoria das diferentes modalidades de verificação produzidas pelo sistema.

A migração gradual de trilhas validadas para o sistema ALICE estabelecerá o fluxo operacional completo do ecossistema de auditoria inteligente, permitindo avaliação do impacto real na agilidade de criação e manutenção de verificações.

3.5 Próximos Passos

O desenvolvimento atual é sobre a conclusão da base de conhecimento “Corpus Juris”, estando concluído o desenvolvimento dos algoritmos de busca híbrida. Resta desenvolver um sistema de scrapper e estabelecer bateria de testes de performance com volumes realistas de documentos normativos. Na sequência, serão implementados os geradores básicos para trilhas REGEX e SQL, priorizando funcionalidades essenciais antes de recursos avançados.

A integração com o Liv.IA será desenvolvida progressivamente, iniciando com funcionalidades básicas de processamento de linguagem natural e expandindo gradualmente para capacidades mais avançadas conforme amadurecimento de ambos os sistemas.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS E PRINCIPAIS CONTRIBUIÇÕES

4.1. Contribuições técnicas

O ATENA representa avanço na aplicação de IA para automação de auditoria através da criação sistemática de trilhas especializadas, incrementando a capacidade de ferramentas de auditoria contínua, como a ferramenta ALICE. A arquitetura modular permite evolução independente de componentes e adaptação a diferentes contextos.

A integração de busca semântica com análise normativa inova ao identificar automaticamente impactos regulamentários nas verificações, superando a limitação crítica da manutenção manual em sistemas anteriores.

A especialização por tipo de análise (documental, dados, decisória) oferece abordagem pragmática reconhecendo que diferentes modalidades de auditoria requerem técnicas específicas.

4.2. Impactos organizacionais

O ATENA promete democratizar o acesso a técnicas avançadas de auditoria, permitindo que conhecimento especializado seja codificado e reutilizado por equipes com diferentes níveis de experiência técnica. Esta capacidade pode ampliar significativamente o escopo de auditoria contínua disponível para órgãos de controle.

A redução do tempo necessário para desenvolvimento de trilhas pode habilitar resposta mais ágil a situações emergenciais e adaptação tempestiva a mudanças regulamentares, aumentando a efetividade do controle governamental.

4.3. Limitações e riscos

A automação de processos de auditoria introduz riscos relacionados à qualidade e adequação das verificações geradas, exigindo desenvolvimento de mecanismos robustos de validação e supervisão humana. A dependência de sistemas de inteligência artificial pode criar vulnerabilidades relacionadas à explicabilidade e auditabilidade dos processos automatizados.

A integração com múltiplos sistemas legados apresenta complexidade técnica significativa, podendo resultar em limitações de performance ou restrições funcionais não antecipadas durante o desenvolvimento.

4.4. Perspectivas futuras

O sucesso do ATENA pode estabelecer precedente para automação de outros processos complexos em auditoria governamental, expandindo o escopo de aplicação de inteligência artificial no controle público. A experiência acumulada informará desenvolvimento de próximas gerações de ferramentas de auditoria inteligente.

A arquitetura baseada em padrões abertos facilita eventual adaptação do sistema para diferentes contextos organizacionais, potencializando impacto da inovação além dos limites da CGU e contribuindo para modernização do controle governamental em âmbito nacional.

A integração com o ecossistema de inteligência artificial disponibilizado pelo Liv.IA posiciona o ATENA como plataforma preparada para incorporar avanços tecnológicos futuros, garantindo que inves-

timentos realizados no desenvolvimento continuem gerando valor conforme novas capacidades são disponibilizadas.

REFERÊNCIAS

- CGU. 2025. ALICE - Analisador de Licitações, Contratos e Editais. *cgu.gov.br*. [Online] Controladoria-Geral da União, 2025. [Citado em: 10 de junho de 2025.] <https://www.gov.br/cgu/pt-br/assuntos/auditoria-e-fiscalizacao/alice>.
- . 2025. ALICE - Analisador de Licitações, Contratos e Editais. CGU. [Online] 2025. [Citado em: 10 de junho de 2025.] <https://www.gov.br/cgu/pt-br/assuntos/auditoria-e-fiscalizacao/alice>.
- Da Costa, Gledson Pompeu Correa. 2012. *Contribuições da Auditoria Contínua para a a Efetividade do Controle Externo*. Brasília: ISC/TCU, 2012.
- ENAP. 2020. Técnicas de Obtenção da Evidência Analítica - Parte 2. [A. do livro] Ricardo Fontenele e Sergio de Paula Filgueiras. *Técnicas de Auditoria Interna Governamental*. Brasília : ENAP, 2020, Módulo 6.
- Gottselig, F. et al. 2022. *Monografia: Ferramenta Alice no país das auditorias: uma jornada pelas licitações públicas*. Brasília: ENAP, 2022.
- Mattos, Cristiano Carvalho. 2017. A volatilidade normativa e o controle da administração pública. *Revista da AGU*, v. 16, n. 2. 2017.
- Oliveira, Edilson Vieira. 2020. *O impacto das alterações normativas na auditoria interna governamental*. Natal: Dissertação (Mestrado Profissional em Administração Pública) – UFRN, 2020.
- ORGANIZAÇÃO DOS ESTADOS AMERICANOS (OEA). 2024. *Analisador de Licitações, Contratos e Editais (ALICE): formulário de boas práticas – MESICIC*. Washington, D.C.: OEA, 2024.
- Tunstall, L. 2022. *Natural Language Processing with Transformers: Building Language Applications with Hugging Face*. s.l.: O'Reilly, 2022.