



**SECRETARIA DE SEGURANÇA PÚBLICA
UNIVERSIDADE ESTADUAL DE GOIÁS – UEG
COORDENADORIA DE ENSINO – COE
COORDENAÇÃO DE ENSINO PRESENCIAL E DE PÓS-GRADUAÇÃO
ESPECIALIZAÇÃO EM ALTOS ESTUDOS DE SEGURANÇA PÚBLICA**

RODRIGO LONDE MOURA

**GESTÃO BASEADA EM DADOS NA BALÍSTICA FORENSE: uma proposta de
indicadores de desempenho para o Sistema Nacional de Análise Balística**

GOIÂNIA – GO

2025



RODRIGO LONDE MOURA

GESTÃO BASEADA EM DADOS NA BALÍSTICA FORENSE: uma proposta de indicadores de desempenho para o Sistema Nacional de Análise Balística

Artigo apresentado como exigência parcial para conclusão do Curso de Especialização em Altos Estudos de Segurança Pública - CAESP, pela Secretaria de Segurança Pública do Estado de Goiás - SSP e pela Universidade Estadual de Goiás - UEG, sob a orientação do Prof. Me. Bruno Martinucci.

GOIÂNIA – GO

2025

GESTÃO BASEADA EM DADOS NA BALÍSTICA FORENSE: uma proposta de indicadores de desempenho para o Sistema Nacional de Análise Balística

DATA-DRIVEN MANAGEMENT IN FORENSIC BALLISTICS: a proposal for performance indicators for the National Ballistics Analysis System

Rodrigo Londe Moura*
Bruno Martinucci**

Resumo: Este estudo propõe indicadores de desempenho para laboratórios de balística forense integrados ao Sistema Nacional de Análise Balística (SINAB), superando as limitações das métricas atuais baseadas exclusivamente em números absolutos. O problema identificado reside na inadequação dos indicadores vigentes para avaliar eficiência, esforço técnico-analítico e impacto investigativo dos laboratórios. O objetivo foi desenvolver indicadores complementares que incorporem aspectos qualitativos e estratégicos para gestão orientada por dados. A metodologia adotou abordagem mista, com análise documental dos relatórios operacionais e do sistema de *business intelligence* do SINAB (2022-2024), e aplicação dos indicadores em amostra de oito estados representativos. Foram propostos quatro indicadores: Taxa de Coincidência Global (TCG), Taxa de Coincidência Qualificada (TCQ), Índice de Esforço Analítico (IEA) e Índice de Impacto Investigativo (III). Os resultados evidenciaram perfis operacionais distintos: o Rio Grande do Norte apresentou alta eficiência geral e baixa proporção de *hits* de identificação, enquanto o Distrito Federal mostrou perfil oposto, com foco para a identificação de autoria, mas baixa taxa de coincidência global. O Ceará apresentou gargalo crítico no esforço analítico, enquanto Espírito Santo e Goiás revelaram desempenho equilibrado entre os indicadores. A ausência de correlação linear entre as variáveis analisadas reforça a importância de uma abordagem multidimensional para avaliação do desempenho. O estudo conclui que a avaliação multidimensional permite diagnósticos mais precisos e fundamenta políticas públicas baseadas em evidências para otimização do SINAB. **Palavras-chave:** SINAB; Banco Nacional de Perfis Balísticos; *Business Analytics*; Investigação Criminal; Avaliação Laboratorial.

Abstract: This study proposes performance indicators for forensic ballistics laboratories integrated into the National Ballistics Analysis System (SINAB), overcoming limitations of current metrics based exclusively on absolute numbers. The identified problem lies in the inadequacy of existing

* Especialista em Gerenciamento de Segurança Pública pela Universidade Estadual de Goiás e Secretaria de Estado da Segurança Pública de Goiás. Especialista em Biociências Forenses pela Pontifícia Universidade Católica de Goiás. Bacharel em Biomedicina pela Universidade Federal de Goiás. Perito Criminal da Superintendência de Polícia Técnico-Científica do Estado de Goiás com atuação no Laboratório de Balística Forense. Administrador da Partição Estadual de Goiás do Banco Nacional de Perfis Balísticos do Sistema Nacional de Análise Balística (SINAB). Membro da Comissão Permanente de Assessoramento Técnico do Comitê Gestor do SINAB. E-mail: rodrigo.londe@gmail.com.

** Mestre em Biologia Geral e Aplicada pela Universidade Estadual Paulista. Bacharel em Ciências Biomédicas pela Universidade Estadual Paulista. Perito Criminal da Superintendência de Polícia Técnico-Científica do Estado de Goiás com atuação no Laboratório de Biologia e DNA Forense. Administrador do Banco de Perfis Genéticos da Polícia Científica do Estado de Goiás. Membro da Comissão de Qualidade do Comitê Gestor da Rede Integrada de Bancos de Perfis Genéticos. E-mail: martinucci.bruno@gmail.com.

indicators to assess efficiency, technical-analytical effort, and investigative impact of laboratories. The objective was to develop complementary indicators that incorporate qualitative and strategic aspects for data-driven management. The methodology adopted a mixed approach, with documental analysis of SINAB operational reports and the SINAB business intelligence system (2022-2024), as well as the application of indicators in a sample of eight representative states. Four indicators were proposed: Global Coincidence Rate (TCG), Qualified Coincidence Rate (TCQ), Analytical Effort Index (IEA), and Investigative Impact Index (III). Results revealed distinct operational profiles: Rio Grande do Norte showed high overall efficiency and a low proportion of identification hits, while the Federal District exhibited the opposite profile, with a strong focus on identifying authorship but a low overall hit rate. Ceará presented a critical bottleneck in analytical effort, whereas Espírito Santo and Goiás demonstrated balanced performance across the indicators. The absence of a linear correlation between the analyzed variables reinforces the importance of a multidimensional approach to performance evaluation. The study concludes that multidimensional evaluation enables more precise diagnostics and supports evidence-based public policies for optimizing the national forensic ballistics system.

Keywords: SINAB; National Ballistic Profiles Database; Business Analytics; Criminal Investigation; Laboratory Assessment.

1. INTRODUÇÃO

Em 2023, conforme o Atlas da Violência 2025, 71,6% dos homicídios foram cometidos com armas de fogo, totalizando 32.749 mortes (Cerqueira; Bueno, 2025). Em contrapartida, apesar de avanços pontuais em algumas unidades federativas, a taxa nacional de elucidação desses crimes segue baixa, alcançando apenas 39% (Graeff, 2024).

A balística forense é uma ferramenta essencial na elucidação de crimes envolvendo armas de fogo, especialmente homicídios (Issa, 2023; Tocchetto, 2025). Nesse sentido, com o objetivo de fortalecer a investigação criminal por meio de tecnologias modernas, foi criado o Banco Nacional de Perfis Balísticos (BNPB), com o intuito de registrar e armazenar informações sobre armas de fogo e elementos de munição relacionados a crimes (Brasil, 2019a).

Para viabilizar a operacionalização do BNPB, foi instituído o Sistema Nacional de Análise Balística (SINAB), que integra laboratórios estaduais e da Polícia Federal em uma rede nacional e permite o compartilhamento e a comparação de evidências balísticas, identificando vínculos entre ocorrências criminais antes tratadas de forma isolada (Brasil, 2019b; Brasil, 2021).

Contudo, os indicadores atualmente utilizados pelo SINAB baseiam-se exclusivamente em números absolutos de: amostras inseridas, correlações e ligações (Brasil, 2024a; Brasil, 2025b).

Essas métricas, embora objetivas, apresentam limitações por não capturarem a complexidade do trabalho pericial nem seu impacto efetivo nas investigações.

Essa abordagem quantitativa não considera as disparidades entre laboratórios quanto ao contexto criminal, à infraestrutura e aos recursos humanos, dificultando comparações de desempenho e identificação de boas práticas. Nesse sentido, a aplicação de princípios de *business analytics* e da gestão baseada em dados pode transformar o grande volume de informações geradas pelo SINAB em conhecimento estratégico (Bumblauskas *et al.*, 2017; Bernardo *et al.*, 2024).

Sendo assim, partindo da hipótese de que os atuais indicadores do SINAB não refletem adequadamente o desempenho técnico e estratégico dos laboratórios, o objetivo deste trabalho foi propor indicadores de desempenho para laboratórios de balística integrantes do SINAB, com foco na eficiência, no esforço técnico-analítico e no impacto investigativo, como instrumento de gestão orientada por dados.

Os objetivos específicos compreendem: analisar as métricas atualmente utilizadas pelo SINAB, identificando potencialidades e limitações; desenvolver indicadores complementares que incorporem aspectos qualitativos e estratégicos; e aplicar esses indicadores a laboratórios selecionados, analisando os resultados comparativamente.

Para alcançar esses objetivos, foi realizada uma pesquisa de natureza aplicada, com abordagem mista (qualitativa e quantitativa), conduzida sob o método hipotético-dedutivo (Marconi; Lakatos, 2017). A coleta de dados baseou-se na análise documental dos relatórios operacionais do SINAB e de seu sistema de *business intelligence*, abrangendo o período de 2022 a 2024. Os indicadores propostos foram aplicados a uma amostra intencional de oito estados brasileiros, representativos de diferentes realidades operacionais.

A pesquisa se justifica pela relevância social de fortalecer políticas públicas contra a criminalidade armada, pela importância econômica da otimização de recursos mediante gestão baseada em dados (Wamba *et al.*, 2016; Bumblauskas *et al.*, 2017; Bernardo *et al.* 2024), e pela contribuição acadêmica ao preencher lacunas sobre a avaliação de desempenho do SINAB e BNPB.

Este trabalho estrutura-se em cinco seções: introdução, revisão da literatura sobre balística forense (comparação balística, sistemas de identificação balística, BNPB e SINAB) e gestão baseada em dados, metodologia adotada, resultados e discussões dos indicadores propostos, e considerações finais com recomendações para implementação.

2. REVISÃO DA LITERATURA

Para fundamentar a proposta de indicadores de desempenho para o SINAB, é essencial compreender os conceitos de balística forense e de comparação balística, o funcionamento dos sistemas de identificação balística (SIB), do BNPB e do SINAB, além dos princípios da gestão orientada por dados e do *business analytics* aplicados ao contexto forense.

2.1. Balística Forense, Comparação Balística e Sistemas de Identificação Balística

A balística forense é um ramo da criminalística que estuda armas de fogo, munições e elementos de munição (projéteis e estojos), sendo fundamental na elucidação de crimes que envolvem esses artefatos (Tocchetto, 2025). Durante a realização de um tiro, as peças da arma de fogo (cano, culatra, percutor, ejetor, extrator e outras) produzem marcas específicas (microestriamentos e microamassamentos) nos elementos de munição (Issa, 2023). Essas marcas permitem individualizar e identificar uma arma de fogo por meio do exame pericial denominado comparação balística, semelhante à identificação humana por meio de impressões papilares (King *et al.*, 2013).

A comparação balística é um exame pericial realizado por meio de microscópios comparadores, que consiste no cotejo entre projéteis ou entre estojos, com o objetivo de identificar convergências entre as marcas específicas deixadas pela arma de fogo nos elementos de munição. Quando há correspondência entre essas marcas, o resultado é considerado positivo. Esse exame é capaz de identificar, de forma unívoca, a arma de fogo utilizada em um crime, quando os elementos questionados apresentam convergência com os elementos padrão coletados da arma de fogo suspeita. Além disso, pode estabelecer vínculos entre diferentes locais de crime, ao revelar compatibilidade entre elementos questionados, além de auxiliar na determinação da dinâmica e na individualização de condutas criminosas (Nichols, 2018; Issa, 2023; Tocchetto, 2025).

Nas últimas décadas, os sistemas de identificação balística (SIB) representaram importante evolução tecnológica, empregando microscopia digital e algoritmos computacionais para comparação automatizada em larga escala (Gerules; Bhatia; Jackson, 2013; Mattijssen *et al.*, 2023).

Os SIB são sistemas capazes de digitalizar, armazenar e comparar as marcas deixadas por armas de fogo em estojos e projéteis. Esses sistemas digitalizam as superfícies analisáveis dos

elementos de munição, gerando imagens tridimensionais de alta resolução, que irão compor seus respectivos perfis balísticos. O perfil balístico representa, portanto, o conjunto único de características produzidas pelas peças de uma arma de fogo em um elemento de munição. Em seguida o SIB compara o perfil balístico com os registros já armazenados no banco de dados e gera listas de correlação, que apresentam, em ordem decrescente de semelhança, os possíveis candidatos compatíveis (Brasil, 2025a; Tocchetto, 2025).

As listas geradas pelo SIB são posteriormente analisadas por peritos oficiais, que verificam visualmente as imagens e, caso uma correspondência seja identificada, assinalam no sistema a ligação entre os perfis balísticos. Essas ligações podem ser de dois tipos: os *hits* de identificação, quando os elementos de munição questionados apresentam correspondência com elementos padrão coletados de armas de fogo apreendidas, fornecendo indícios de autoria; e os *hits* de ligação, quando há convergência entre elementos questionados oriundos de diferentes locais de crime, sem vínculo anterior conhecido, fornecendo novas linhas de investigação (De Ceuster *et al.*, 2012; King *et al.*, 2013; Tocchetto, 2025).

2.2. Redes Integradas de Bancos de Perfis Balísticos, BNPB e SINAB

Outra grande contribuição dos SIB é sua capacidade de interligação em rede, que possibilita o compartilhamento e a comparação de perfis balísticos entre os laboratórios integrados, formando as chamadas redes integradas de bancos de perfis balísticos. Essa interligação amplia exponencialmente o potencial investigativo dos sistemas, permitindo identificar conexões criminais que transcendem fronteiras administrativas (Brasil, 2019b; Tocchetto, 2025).

Experiências internacionais demonstram a efetividade dessas redes. Nos Estados Unidos, o *National Integrated Ballistic Information Network* (NIBIN) opera desde 1997, conectando mais de 300 laboratórios, processando mais de 6 milhões elementos de munição e registrando 151.000 *hits*. Na América Latina, destaca-se o *Red Nacional de Información de Huella Balística* (RENIHB) no México, enquanto na Europa o *National Ballistics Intelligence Service* (NABIS) do Reino Unido representa um modelo de integração bem-sucedido. Além dessas e outras redes nacionais, a *Interpol Ballistics Information Network* (IBIN), criada em 2009, promove a integração de várias redes nacionais, formando uma rede integrada internacional. (Gerard *et al.*, 2017; Tocchetto, 2025).

No Brasil, a Lei Federal n. 13.964/2019 (Lei Anticrime) incluiu o Art. 34-A na Lei Federal n. 10826/2003 (Estatuto do Desarmamento), criando o Banco Nacional de Perfis Balísticos (BNPB), com o intuito de cadastrar, armazenar e comparar elementos de munição relacionados a crimes. Em seguida, após estudos e articulação interinstitucional, foi instituído o Sistema Nacional de Análise Balística (SINAB), por meio do Decreto Federal n. 10.711/2021, promovendo a integração dos laboratórios estaduais e da Polícia Federal em uma rede nacional voltada à alimentação do BNPB e ao compartilhamento dos perfis balísticos nele constantes (King *et al.*, 2017; Brasil, 2019b; Brasil, 2025a).

O sistema opera através de partições lógicas, onde cada laboratório possui sua própria partição no BNPB, permitindo o controle local dos dados, mas com capacidade de correlação tanto local quanto nacional. Os perfis balísticos são automaticamente comparados tanto localmente quanto com todas as demais partições, gerando listas de correlação analisadas pelos peritos responsáveis (Brasil, 2025a).

O Decreto Federal n. 10.711/2021 criou também o Comitê Gestor do SINAB (CG-SINAB), órgão colegiado composto por peritos criminais federais e estaduais especialistas em balística forense, além de representantes do Ministério da Justiça e Segurança Pública (MJSP). O CG-SINAB gerencia o BNPB e o SINAB, padroniza procedimentos técnicos, realiza capacitações e elabora relatórios periódicos, consolidando os dados operacionais. Paralelamente, disponibiliza ao público um painel em sistema de *business intelligence Power BI* com dados não sigilosos de forma dinâmica e acessível, por meio do sítio eletrônico: <<https://www.gov.br/mj/pt-br/assuntos/sua-seguranca/seguranca-publica/sinab>>.

Segundo dados do painel, até dezembro de 2024, após três anos de funcionamento, o SINAB acumulou 66.036 amostras inseridas, 140.133 listas de correlação retornadas e 3.952 ligações confirmadas (“*hits*”). Essa evolução reflete o amadurecimento tecnológico do sistema e a crescente adesão dos laboratórios estaduais (Brasil, 2025b).

O potencial estratégico do SINAB transcende a investigação individual, ao oferecer a capacidade de identificar padrões criminais relacionados ao uso de armas de fogo e fornecer subsídios para formulação de políticas públicas de segurança. O grande volume de dados pode, ainda, revelar tendências criminais, rotas de circulação de armas e conexões entre grupos criminosos (Brasil, 2019b; Brasil, 2025a).

Contudo, os indicadores atualmente utilizados baseiam-se exclusivamente em números absolutos: amostras inseridas, correlações retornadas e ligações confirmadas. Esta abordagem quantitativa, embora objetiva, apresenta limitações por não capturar a complexidade do trabalho pericial nem seu impacto investigativo efetivo (Brasil, 2024a).

A análise dos relatórios do CG-SINAB e do painel público em *Power BI* revela foco predominante em métricas absolutas, indicando possível subaproveitamento do potencial analítico dos dados coletados. Quando integrados a ferramentas de *business intelligence* sob abordagem de *business analytics*, esse volume informacional pode ser transformado em indicadores estratégicos mais adequados para subsidiar tomada de decisões e monitoramento de desempenho (Bumblauskas *et al.*, 2017; Bernardo *et al.*, 2024).

2.3. Gestão Baseada em Dados, *Business Analytics* e Avaliação de Desempenho no contexto da Balística Forense

A gestão baseada em dados se refere ao processo de utilizar dados para orientar decisões organizacionais, promovendo maior precisão, equidade e eficiência na avaliação de desempenho (Yang *et al.*, 2023; Prakash, 2024). Já o *business analytics* é uma abordagem que transforma grandes volumes de dados em conhecimento aplicável à gestão, fortalecendo a capacidade de análise e a melhora na tomada de decisão (Bumblauskas *et al.*, 2017; Cao; Duan; Li, 2015).

Adaptado aos laboratórios de balística forense, o *business analytics* pode oferecer suporte técnico-metodológico para o monitoramento e avaliação de desempenho, permitindo a definição de métricas mais adequadas, a identificação de padrões operacionais e a geração de informações estratégicas (Acito; Khatri, 2014).

Ademais, a implementação de indicadores de desempenho em serviços forenses responde à demanda por *accountability* e eficiência na gestão pública. Tais indicadores devem considerar múltiplas dimensões: eficiência operacional, qualidade técnica, relevância para o sistema de justiça e retorno sobre investimento, transcendendo métricas puramente quantitativas (Speaker *et al.*, 2009).

Por fim, estudos internacionais também demonstram que métricas baseadas exclusivamente em números absolutos podem gerar distorções na avaliação de laboratórios forenses, ao incentivar comportamentos focados em metas numéricas em detrimento da qualidade (Houck *et al.*, 2012).

King *et al.* (2013) recomendam indicadores que contemplem taxa de confirmação, tempestividade e impacto investigativo, superando as limitações das abordagens quantitativas tradicionais.

3. METODOLOGIA

Este estudo adotou o método hipotético-dedutivo, partindo da formulação de hipóteses sobre a aplicabilidade e utilidade dos indicadores propostos e sua relação com o desempenho laboratorial, as quais foram testadas com base na análise empírica dos dados coletados. Quanto à natureza, trata-se de pesquisa aplicada, pois visa desenvolver soluções práticas para problemas concretos da gestão de desempenho em laboratórios forenses. A abordagem é mista (quali-quantitativa), combinando análise de dados numéricos com avaliação contextual dos laboratórios estudados (Marconi; Lakatos, 2017).

Adicionalmente, conforme definido por Gil (2002), quanto aos objetivos, a pesquisa configura-se como exploratória, por propor e testar indicadores inéditos no âmbito do SINAB, e descritiva, ao analisar e caracterizar a atuação dos laboratórios com base em variáveis objetivas. Quanto aos procedimentos técnicos, foi realizada análise documental dos registros operacionais do SINAB e a pesquisa bibliográfica sobre balística forense, comparação balística, bancos de perfis balísticos, BNPB, SINAB, gestão baseada em dados, *business analytics* e avaliação de desempenho em contextos forenses.

3.1. Coleta dos dados

Para análise das métricas atualmente utilizadas pelo SINAB na avaliação de desempenho dos laboratórios, foram utilizados os dados acumulados do último Relatório de Atividades do SINAB publicado, o “Relatório de Atividades SINAB 01/2022 – 12/2023” em conjunto com os dados obtidos do sistema de *business intelligence* (BI) do SINAB.

Para o desenvolvimento dos indicadores de desempenho complementares, os dados foram coletados do sistema BI do SINAB, abrangendo o período dos anos de 2022 a 2024, ano de implementação do SINAB e último ano com dados consolidados respectivamente. Foram extraídos os seguintes dados para cada laboratório:

- Número total de amostras inseridas (TA);

- Número total de amostras questionadas (TAQ);
- Número de *hits* de identificação (HI) - ligações que apontam possível autoria;
- Número de *hits* de ligação (HL) - ligações entre ocorrências criminais;
- Número total de listas de correlações visualizadas pelos peritos oficiais (CV).

3.2. Universo e Amostra da Pesquisa

O universo da pesquisa abrange os 39 laboratórios de balística integrados ao SINAB, distribuídos pelos 26 estados da federação e pelo Distrito Federal, com exceção do laboratório da União, sob gestão da Polícia Federal, por sua natureza institucional diferenciada. Os dados foram agregados por estado para controle de distorções e uniformização analítica, e considerando que as políticas de segurança pública se organizam em âmbito estadual.

Foram excluídos os estados com valor 0 (zero) para qualquer parâmetro (TA, TAQ, HI, HL ou CV) e aqueles com inconsistências nos dados. A amostragem, foi não probabilística e intencional, voltada à seleção de estados que melhor representassem a heterogeneidade dos contextos operacionais e institucionais existentes no SINAB, com base nos seguintes critérios:

- Goiás: interesse direto na pesquisa;
- Estados extremos por volume: maior e menor número de amostras inseridas (TA);
- Estados extremos por composição: maior e menor razão entre total de amostras questionadas (TAQ) e total de amostras inseridas (TA);
- Estados extremos por impacto: maior e menor quantidade absoluta de *hits* de identificação (HI); e maior e menor quantidade absoluta de *hits* de ligação (HL);
- Estados extremos por esforço: maior e menor razão entre correlações visualizadas (CV) e total de amostras inseridas (TA).

3.3. Proposta e aplicação dos indicadores

Com base em metodologia adaptada de estudos de avaliação de indicadores de desempenho em contextos forenses e em outros setores especializados (Braga; Pierce, 2004; Ribaux *et al.*, 2006; Speaker *et al.*, 2009), foram propostos e aplicados quatro indicadores:

1) Taxa de Coincidência Global (TCG): $TCG = (HI + HL / TAQ) \times 100$; mensura a proporção de amostras questionadas que resultaram em qualquer tipo de ligação.

2) Taxa de Coincidência Qualificada (TCQ): $TCQ = (HI / TAQ) \times 100$, avalia especificamente as ligações de identificação, com maior potencial elucidativo.

3) Índice de Esforço Analítico (IEA): $IEA = CV / 2 \times TA$; quantifica a intensidade do trabalho técnico-analítico, considerando que cada amostra gera duas listas de correlação.

4) Índice de Impacto Investigativo (III): $III = HI / (HI + HL) \times 100$; distingue laboratórios orientados à identificação de autoria daqueles focados em conexões entre ocorrências.

Os indicadores foram aplicados aos oito estados selecionados e analisados comparativamente para identificação de perfis operacionais e oportunidades de melhoria.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 - Análise das Métricas Atuais do SINAB

As métricas atualmente utilizadas pelo SINAB para avaliação, monitoramento e verificação de desempenho dos laboratórios integrados são apresentadas nos Relatórios de Atividades anuais e no painel público em *Power BI*, atualizado bimestralmente (Brasil, 2024a; Brasil, 2025). Os dados divulgados referem-se, de forma geral, aos seguintes parâmetros expressos em números absolutos totais e por partições:

- Peças inseridas ou amostras inseridas: número absoluto de projéteis e estojos, discriminados entre amostras questionadas (evidências de crime) e amostras padrão, além do calibre correspondente;
- Correlações: listas retornadas para análise pericial, classificadas como concluídas (aguardando análise) e visualizadas (analisadas);
- Ligações (*hits*): coincidências identificadas, divididas entre confirmadas e em pendentes de confirmação;
- Armas identificadas: representa, na prática, o número absoluto de *hits* de identificação.

Essas métricas possibilitam uma primeira leitura sobre a operacionalização da rede do SINAB, fornecendo panorama objetivo da composição do banco quanto ao tipo, categorização e

calibre das amostras; do volume de trabalho dos laboratórios; das ligações produzidas; e da identificação de armas de fogo. Prakash (2024) aponta que dados quantitativos permitem o acompanhamento temporal da evolução do sistema e são facilmente compreendidos por gestores e decisores políticos, enquanto Wamba *et al.* (2016) e Bumblauskas *et al.* (2017) enfatizam que a mensuração quantitativa constitui etapa essencial na implantação de sistemas analíticos, sobretudo em contextos com estrutura ainda em consolidação, como é o caso do SINAB.

Contudo, a literatura identifica limitações nessa abordagem exclusivamente quantitativa. Houck *et al.* (2012) alertam que indicadores puramente quantitativos podem gerar distorções na avaliação de laboratórios forenses, incentivando comportamentos focados em metas numéricas em detrimento da qualidade e relevância dos exames. No contexto específico da balística forense, King *et al.* (2013) demonstram que o simples número de ligações não reflete adequadamente o valor do sistema para a investigação criminal, recomendando indicadores que contemplem taxa de confirmação das ligações, tempestividade e impacto investigativo.

As principais limitações das métricas atuais abrangem múltiplas dimensões. A ausência de normalização contextual representa um problema, pois estados com diferentes realidades criminais, estruturais e de recursos são comparados por números absolutos, desconsiderando desigualdades em infraestrutura, recursos humanos e contexto operacional. Essa limitação ainda é agravada pela falta de ponderação por capacidade instalada.

Compreende-se, contudo, a dificuldade de incorporar essas dimensões diante da indisponibilidade de dados oficiais padronizados, como taxa de homicídios por 100 mil habitantes, apreensões de armas de fogo e taxa de elucidação de homicídios. Essas informações, em geral, são extraídas de fontes não governamentais, como o Atlas da Violência, o Anuário Brasileiro de Segurança Pública e o relatório “Onde mora a impunidade?” do Instituto Sou da Paz, com defasagem temporal de aproximadamente dois anos, dificultando sua utilização na formulação de indicadores consistentes.

Do ponto de vista analítico, as métricas atuais do SINAB apresentam uma visão unidimensional do desempenho, focada apenas na quantidade, sem considerar a qualidade ou complexidade das análises, sendo esta outra importante limitação. Houck *et al.* (2012) argumentam que essa abordagem resulta na ausência de indicadores de eficiência, que mensurem a relação entre esforço de trabalho empregado e resultados alcançados, bem como na falta de métricas de impacto

que avaliem a contribuição efetiva das ligações para o processo investigativo, comprometendo uma avaliação estratégica adequada.

Sob a perspectiva estratégica, verifica-se subaproveitamento do potencial analítico dos dados coletados pelo SINAB. O sistema possui capacidade para revelar padrões operacionais e investigativos relevantes, mas a ausência de indicadores comparativos adequados compromete a avaliação de desempenho e identificação de boas práticas. King *et al.* (2013) identificam essa limitação em outros sistemas forenses, como o NIBIN, onde a falta de análises comparativas normalizadas prejudica a replicação de metodologias eficazes. Da mesma forma, Houck *et al.* (2012) destacam que a carência de métricas estratégicas dificulta decisões gerenciais quanto a investimentos, capacitação e melhoria de processos.

Ainda segundo King *et al.* (2013), a predominância de métricas absolutas gera distorções que podem comprometer a comparação de desempenho e a gestão estratégica. Um estado que insere grande volume de amostras questionadas, mas poucos padrões, pode apresentar alto número total de *hits*, mas baixo número de *hits* de identificação. Esse estado pode aparentar excelentes resultados na métrica atual, quando na realidade contribui proporcionalmente pouco para a elucidação de crimes, objetivo precípua do SINAB. Similarmente, estados que operam em contexto de criminalidade menor, com baixa inserção de amostras questionadas, mas mantêm alta eficiência na análise das correlações e fornecem elevada proporção de *hits* totais e/ou de *hits* identificação, podem ser subestimados pela avaliação baseada exclusivamente em números absolutos.

A Tabela 1 exemplifica objetivamente as distorções das métricas absolutas na comparação entre Rio Grande do Norte (RN) e Tocantins (TO). O RN apresenta um número elevado de amostras questionadas e volume expressivo de *hits* totais, entretanto menos de 5% correspondem a *hits* de identificação, o que sugere que grande parte das ligações pode não contribuir diretamente para a elucidação de crimes. Em contraste, Tocantins, apesar de inserir um número reduzido de amostras questionadas, alcança proporção significativamente maior de *hits* de identificação, cerca de 23% do total de *hits*, além de manter uma alta relação entre *hits* totais e amostras questionadas, indicando uma eficiência relativa superior na contribuição para determinação de autoria.

Tabela 1 – Comparação entre RN e TO segundo métricas absolutas do SINAB (2022–2024)

UF	Amostras Questionadas	Hits Totais	Hits de Identificação
RN	1094	792	36
TO	148	91	21

Fonte: Dados do sistema de *business intelligence* do SINAB (2022–2024), adaptado pelos autores (2025).

Outro problema identificado é a existência de estados com elevado número de amostras inseridas, mas baixo volume de correlações visualizadas, o que indica possível gargalo no processo de análise das listas de correlação geradas pelo sistema. Uma amostra é efetivamente processada no SINAB quando percorre todo seu caminho, desde a inserção até a análise das duas listas geradas para cada amostra, uma local e outra nacional. Essa situação evidencia uma desconexão entre a capacidade de alimentação do banco e a capacidade analítica efetiva do laboratório, podendo gerar falsa impressão de alta produtividade em unidade que, apesar de inserirem grande quantidade de amostras apresentam deficiências operacionais quanto ao esforço analítico.

O exemplo da Tabela 2 evidencia essa problemática. Apesar do Ceará (CE) apresentar número absoluto de amostras inseridas maior que o RN, o volume de listas de correlação visualizadas pelo estado é inferior, resultando em baixa razão CV/TA (0,11). Isso evidencia que, embora alimente substancialmente o banco, o CE possui baixa taxa de verificação das correlações, indicando possível limitação operacional que pode comprometer o aproveitamento investigativo do material inserido. O RN, ainda que com menor volume de inserções, apresenta alta taxa de visualização das correlações (1,91), demonstrando maior alinhamento entre a inserção e o esforço analítico, contribuindo para a efetividade das análises balísticas.

Tabela 2 – Comparativo entre CE e RN quanto a eficiência na análise de listas de correlação

UF	Total de Amostras (TA)	Correlações visualizadas (CV)	Relação CV/TA
CE	4150	492	0,119
RN	1421	2720	1,914

Fonte: Dados do sistema de *business intelligence* do SINAB (2022–2024), adaptado pelos autores (2025).

Portanto, a adoção de indicadores complementares que incorporem dimensões qualitativas e estratégicas pode qualificar a avaliação de desempenho no âmbito do SINAB, possibilitando análises comparativas mais justas entre os estados e fundamentando decisões gerenciais baseadas em evidências que transcendam a simples contabilização de números absolutos.

4.2 – Desenvolvimento dos Indicadores

A construção de indicadores de desempenho para os laboratórios de balística integrantes do SINAB visa superar as limitações da avaliação tradicional, pautada em métricas absolutas. Para

avançar rumo a uma gestão orientada por dados, é importante incorporar dimensões que considerem a efetividade, esforço analítico e impacto investigativo do trabalho pericial.

Os quatro indicadores propostos fundamentam-se na literatura internacional sobre a avaliação de sistemas forenses, adaptados às especificidades do contexto brasileiro.

A Taxa de Coincidência Global (TCG) expressa a proporção de amostras questionadas que resultaram em qualquer tipo de ligação no banco de perfis balísticos. Ao relativizar o número de *hits* em função do total de amostras processadas, a TCG proporciona medida normalizada e comparável de desempenho entre diferentes laboratórios, independentemente do volume absoluto de trabalho realizado.

A fundamentação teórica da TCG baseia-se nos conceitos de “*hit rates*”, adotado pelo NIBIN como parâmetro de avaliação de efetividade, conforme discutido por King *et al.* (2013). Conforme King e Maguire (2009), métricas proporcionais permitem avaliar sistemas forenses com maior equidade que números absolutos. Gerard *et al.* (2017) identificam heterogeneidade acentuada na mensuração de resultados de sistemas automatizados de identificação balística, recomendando o desenvolvimento de métricas comparativas estruturadas para melhorar a cooperação e efetividade das redes.

A Taxa de Coincidência Qualificada (TCQ) refina a análise da TCG ao considerar exclusivamente *hits* de identificação, que indicam vínculo entre elemento de munição e arma específica. Esse tipo de ligação possui maior potencial elucidativo por permitir inferências diretas sobre a autoria criminal. Braga e Pierce (2004) demonstraram empiricamente que coincidências vinculando armas a delitos específicos geram benefícios investigativos superiores às simples conexões entre eventos criminais.

A TCQ opera, assim, como indicador de especificidade investigativa, ao evidenciar laboratórios que contribuem com evidências diretamente relacionadas à determinação de autoria, aspecto especialmente relevante no Brasil, onde a taxa de esclarecimento de homicídios é historicamente baixa.

A adoção de indicadores proporcionais como a TCG e TCQ, alinha-se também a práticas consolidadas em outras áreas da criminalística. A Rede Integrada de Bancos de Perfis Genéticos (RIBPG), vinculada ao Ministério da Justiça e Segurança Pública, utiliza a taxa de coincidência (*hit rate*) como métrica central para avaliar a efetividade de seus laboratórios, conforme o XXI Relatório da RIBPG (2024). O *hit rate* mensura o percentual de amostras questionadas que resultam

em coincidências úteis para investigações, sendo apresentado como parâmetro nacional de desempenho. Logo, a transposição dessa métrica para o contexto da balística forense pode permitir a padronização das avaliações comparativas entre diferentes tecnologias da área forense.

O Índice de Esforço Analítico (IEA) quantifica a intensidade do trabalho técnico-analítico através da relação entre listas de correlação visualizadas e o total de amostras inseridas. Considera-se que cada amostra questionada gera duas listas (local e nacional), cuja análise é etapa essencial para a identificação de ligações.

A IEA fundamenta-se nas premissas do *balanced scorecard* adaptado ao contexto forense, proposto por Houck *et al.* (2012), que defendem a inclusão de indicadores de esforço e complexidade nos modelos de avaliação laboratorial. Speaker *et al.* (2009) também sustentam que diferentes exames forenses exigem graus variados de complexidade e dedicação técnica, e que os modelos tradicionais de produtividade não captam essa heterogeneidade.

Speaker (2019) oferece métricas correlatas, como “exames por equivalente de tempo integral” e “número de casos por analista”, por meio do *Project FORESIGHT* (2017-2018), que fundamentam a importância de mensurar o esforço despendido em atividades periciais. O IEA fornece métrica objetiva para aferir gargalos e desequilíbrios no ciclo de análise, especialmente em laboratórios que apresentam alta capacidade de inserção, mas baixa taxa de visualização de listas.

O Índice de Impacto Investigativo (III) constitui contribuição original desta pesquisa, sendo o primeiro indicador desenvolvido para mensurar a orientação estratégica das ligações geradas. Ele distingue laboratórios que priorizam a identificação de autoria daqueles focados em revelação de conexões entre ocorrências criminais, oferecendo perspectiva inédita.

Sua formulação é inspirada no conceito de *utility of the clue* (utilidade da pista), apresentado por Bitzer *et al.* (2015), segundo o qual o valor da prova pericial está diretamente relacionado à sua capacidade de gerar significado para a investigação. O III dialoga com os fundamentos de *forensic intelligence*, propostos por Ribaux *et al.* (2006), que defendem a avaliação da ciência forense com base em sua utilidade prática na geração de pistas, conexões e inteligência pericial. Esse enfoque é endossado por Ratcliffe (2016), para quem a informação só se converte em inteligência quando gera ação estratégica, e por Braga e Pierce (2011), que demonstram empiricamente que *hits* gerados com o uso do SIB IBIS resultaram em prisões e condenações concretas.

O III fornece, portanto, um instrumento para avaliar laboratórios não apenas pela quantidade de dados, mas pela qualidade de sua contribuição para a investigação criminal, alinhando-se à visão moderna orientada por resultados e centrada na resolução de casos.

A aplicação conjunta desses quatro indicadores possibilita análise multidimensional que supera limitações das métricas absolutas tradicionais, oferecendo aos gestores do SINAB ferramentas estratégicas para tomada de decisões baseadas em evidências e identificação de oportunidades de melhoria operacional.

4.3 – Aplicação dos Indicadores e Análise Comparativa

Com base nos critérios estabelecidos na metodologia, a amostra do estudo foi composta por oito estados representativos de diferentes realidades operacionais e regionais, conforme o Quadro 1. A seleção buscou garantir diversidade de contextos, incluindo estados com maior e menor volume de amostras inseridas, extremos em razão entre amostras questionadas e padrão, maiores e menores quantidades absolutas de *hits* de identificação e ligação, além de extremos na razão entre correlações visualizadas e amostras inseridas. Foram excluídos estados com valores nulos ou inconsistentes em algum dos parâmetros analisados, como Pernambuco, para assegurar a robustez da análise comparativa.

Quadro 1 – Estados selecionados e critérios de seleção

Estado	Critério de Seleção
Goiás	Interesse direto na pesquisa
Rio Grande do Sul	Maior número de amostras inseridas; Menor razão TAQ/TA
Tocantins	Menor número de amostras
Sergipe	Maior razão TAQ/TA; Menor número de <i>hits</i> de identificação
Espírito Santo	Maior número de <i>hits</i> de identificação
Distrito Federal	Menor número de <i>hits</i> de ligação
Rio Grande do Norte	Maior número de <i>hits</i> de ligação; Maior razão CV/TA
Ceará	Menor razão CV/TA

Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

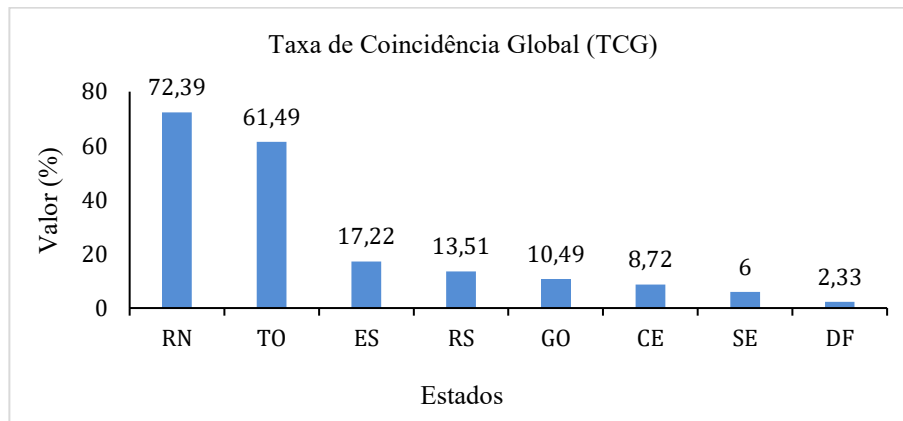
A composição da amostra contempla todas as regiões do país e diferentes perfis de desempenho e composição das partições estaduais, permitindo análise comparativa robusta e

representativa da realidade nacional. Os dados completos dos estados pertencentes ao universo da pesquisa encontram-se no Apêndice A.

A aplicação dos quatro indicadores desenvolvidos (TCG, TCQ, IEA e III) permitiu identificar variações importantes entre os estados, revelando diferentes perfis operacionais e estratégias de utilização do sistema. Os resultados consolidados para cada indicador, referentes aos oito estados selecionados, encontram-se representados nos Gráficos de 1 a 4 e no Apêndice B em forma de tabela.

A TCG variou amplamente, com destaque para o Rio Grande do Norte (72,39%) e Tocantins (61,49%), que apresentaram desempenho excepcional na conversão de amostras questionadas em coincidências. Espírito Santo (17,22%), Rio Grande do Sul (13,51%) e Goiás (10,49%) compuseram o grupo intermediário, enquanto Ceará (8,72%), Sergipe (6,00%) e Distrito Federal (2,33%) demonstraram menor efetividade nesse aspecto. Essa dispersão sugere diferentes graus de eficiência na transformação de insumos periciais em retornos investigativos, relacionados tanto às estratégias locais de inserção e análise quanto a realidades criminais regionais.

Gráfico 1: Taxa de Coincidência Global (TCG) dos estados selecionados.

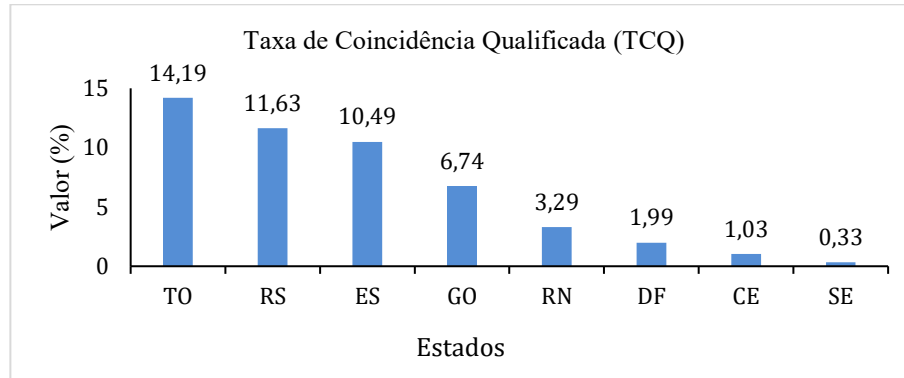


Fonte: elaborado pelos autores (2025)

A TCQ revelou padrões distintos da TCG. Tocantins liderou (14,19%), seguido por Rio Grande do Sul (11,63%) e Espírito Santo (10,49%), demonstrando alta capacidade na geração de *hits* de identificação, ou seja, diretamente associados à autoria. Goiás (6,74%) apresentou desempenho intermediário, enquanto os demais estados ficaram abaixo de 4%. O contraste entre a alta TCG do Rio Grande do Norte e sua baixa TCQ (3,29%) sugere estratégia mais orientada à

detecção de conexões entre ocorrências (*hits* de ligação) do que à identificação de armas específicas.

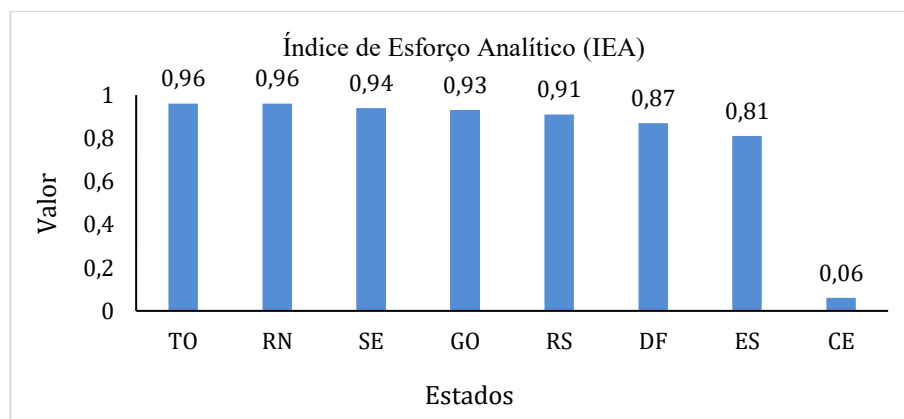
Gráfico 2: Taxa de Coincidência Qualificada (TCQ) dos estados selecionados.



Fonte: elaborado pelos autores (2025)

O IEA apresentou comportamento mais homogêneo, com exceção do Ceará, que teve valor muito abaixo dos demais (0,06), indicando análise de apenas 6% das listas de correlação geradas e revelando um gargalo no processo analítico. Tocantins e Rio Grande do Norte (ambos com 0,96), destacaram-se pelo engajamento pleno na etapa de análise das listas, demonstrando alto esforço analítico.

Gráfico 3: Índice de Esforço Analítico (IEA) dos estados selecionados.

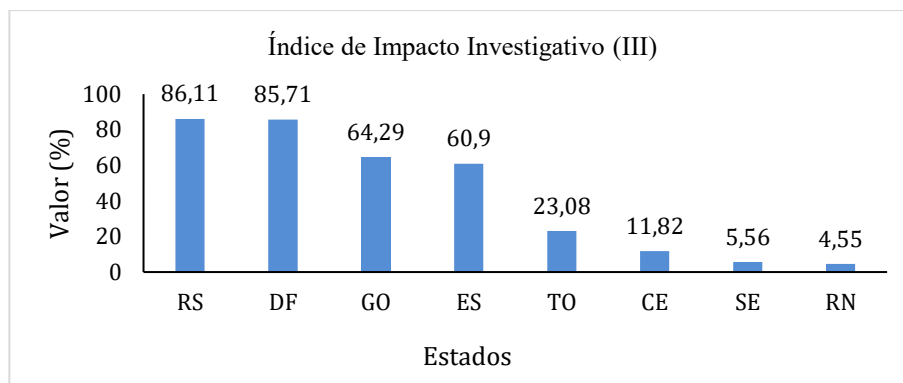


Fonte: elaborado pelos autores (2025)

Já o III permitiu distinguir laboratórios mais voltados à identificação de autoria daqueles mais orientados à revelação de padrões criminosos por meio de conexões. Rio Grande do Sul

(86,11%) e Distrito Federal (85,71%) apresentaram os maiores índices, sugerindo forte foco em evidências direcionadas à autoria. Goiás (64,29%) e Espírito Santo (60,90%) demonstraram perfil equilibrado. Por outro lado, Tocantins (23,08%), Ceará (11,82%), Sergipe (5,56%) e Rio Grande do Norte (4,55%) concentraram suas coincidências em *hits* de ligação, o que pode indicar uma estratégia de priorização de inserção de amostras questionadas ou limitações na inserção de amostras padrão.

Gráfico 4: Índice de Impacto Investigativo (III) dos estados selecionados.



Fonte: elaborado pelos autores (2025)

A análise comparativa dos indicadores revela perfis operacionais distintos. O Rio Grande do Norte apresenta altíssima eficiência em geração de coincidências (TCG = 72,39%), mas baixo impacto investigativo (III = 4,55%), configurando-se como um caso extremo de priorização de conexões entre crimes. O Tocantins combina alto volume de *hits* com a maior TCQ da amostra, demonstrando boa capacidade de gerar coincidências úteis à elucidação de crimes. Espírito Santo, Goiás e Rio Grande do Sul mantêm perfis equilibrados, enquanto o Distrito Federal destaca-se pela alta proporção de coincidências de identificação, embora com baixo volume total de *hits*. Ceará e Sergipe enfrentam desafios evidentes, sobretudo no que se refere à baixa eficiência geral e ao reduzido impacto investigativo, com destaque negativo para o esforço analítico no Ceará.

A análise comparativa dos indicadores revela padrões de associação relevantes entre as métricas. Observa-se tendência de associação positiva entre TCQ e III, já que ambos refletem orientação para a identificação de autoria. Por outro lado, a TCG e o III apresentam relação inversa em alguns casos, como nos extremos do Rio Grande do Norte (alta TCG, baixo III) e DF (baixa TCG, alto III), o que reforça a importância de avaliar os laboratórios sob múltiplas dimensões de

desempenho. O IEA mostrou relativa independência dos demais, sugerindo que o esforço analítico constitui dimensão operacional distinta da eficiência em geração de coincidências.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados desta pesquisa evidenciam a relevância de adotar uma abordagem multidimensional para a avaliação do desempenho dos laboratórios de balística integrados ao SINAB. A aplicação dos indicadores propostos – Taxa de Coincidência Global (TCG), Taxa de Coincidência Qualificada (TCQ), Índice de Esforço Analítico (IEA) e Índice de Impacto Investigativo (III) – permitiu identificar diferentes perfis operacionais, demonstrando que não há um modelo único de excelência, mas sim estratégias distintas que podem gerar contribuições relevantes para a investigação criminal.

O estudo mostrou que estados com alta TCG e baixo III, como o Rio Grande do Norte, tendem a priorizar a revelação de conexões entre crimes, mas podem se beneficiar do aumento da inserção de amostras padrão para elevar a proporção de *hits* de identificação. Por outro lado, estados com alto III e baixa TCG, como o Distrito Federal, poderiam buscar estratégias para aumentar o volume de correlações, potencialmente através de maior inserção de amostras questionadas. O caso do Ceará ilustra a importância do equilíbrio entre inserção e análise, pois o baixo IEA (0,06) indica gargalo crítico no processamento das listas de correlação, sugerindo necessidade de investimentos em recursos humanos, capacitação ou reorganização de fluxos.

Laboratórios com desempenho equilibrado em múltiplos indicadores, como no caso de Goiás, destacam-se como referências para boas práticas, demonstrando a viabilidade de manter desempenho satisfatório em múltiplas dimensões sem especializações extremas. A análise conjunta dos indicadores reforça a necessidade de gestores e tomadores de decisão considerarem múltiplas dimensões de desempenho, evitando avaliações baseadas apenas em métricas isoladas.

Contudo, apesar dos avanços metodológicos propostos, algumas limitações devem ser reconhecidas. A ausência de integração entre os dados do SINAB e outras bases, como sistemas de inquérito policiais e de processos judiciais, dificulta a mensuração precisa do impacto investigativo dos *hits*. Eventuais inconsistências nos dados de entrada e divergências nos critérios de inserção e análise entre os estados também podem influenciar negativamente a confiabilidade dos resultados. A exclusão de estados com dados nulos ou inconsistentes, limita a generalização dos achados e há

o risco de que os indicadores captem mais as características dos fluxos e rotinas operacionais locais do que a real contribuição investigativa do sistema, em especial nos estados com baixas taxas de análise (IEA).

Adicionalmente, como se trata de um modelo proposto e ainda não institucionalizado, se faz oportuna a validação empírica ampliada dos indicadores, especialmente no que tange à sua utilidade como instrumentos de gestão. Sugere-se que sua aplicação seja expandida a outros contextos estaduais e acompanhada de revisões colaborativas com peritos oficiais, gestores e membros do Comitê Gestor do SINAB, com vistas a aprimorar a métrica e garantir sua aderência às demandas reais da perícia e da investigação criminal.

Quanto às perspectivas futuras, este estudo abre espaço para novos desdobramentos que aprofundem a avaliação de desempenho dos laboratórios de balística no Brasil. Estudos futuros podem explorar a aplicação dos indicadores propostos em séries temporais, de modo a monitorar tendências de desempenho ao longo do tempo e avaliar o impacto de intervenções gerenciais ou mudanças institucionais.

Além disso, a replicação da metodologia em outros segmentos da perícia criminal, como genética forense e papiloscopia forense, pode contribuir para a consolidação de uma cultura de avaliação orientada por dados na criminalística. Recomenda-se, ainda, a realização de estudos qualitativos que incorporem a percepção de peritos e gestores sobre os indicadores e sua aplicabilidade prática, enriquecendo a análise com aspectos operacionais e estratégicos não capturados por métricas quantitativas. Por fim, futuras pesquisas podem desenvolver modelos preditivos e painéis interativos com base em *business intelligence*, otimizando a gestão integrada do SINAB e promovendo maior efetividade na produção de inteligência forense.

Em síntese, este estudo contribui para o fortalecimento da gestão baseada em dados na balística forense, oferecendo ferramentas analíticas que qualificam o monitoramento e a avaliação dos laboratórios do SINAB, subsidiando políticas públicas mais precisas e alinhadas às necessidades da segurança pública brasileira.

REFERÊNCIAS

ACITO, F.; KHATRI, V. Business Analytics: Why now and what next? **Business Horizons**, v, 57, n. 5, p. 565-570, 2014.

BERNARDO, B.M.V.; MAMEDE, H.S.; BARROSO, J.M.P.; DOS SANTOS, V.M.P.D. Data governance & quality management—Innovation and breakthroughs across different fields. **Journal of Innovation & Knowledge**, v. 9, n. 4, p. 100598, 2024.

BITZER, S.; ALBERTINI, N.; LOCK, E.; RIBAUUX, O.; DELÉMONT, O. Utility of the clue — From assessing the investigative contribution of forensic science to supporting the decision to use traces. **Science & Justice**, v. 55, n. 6, p. 509-513, 2015.

BRAGA, A.A.; PIERCE, G.L. Linking crime guns: the impact of ballistics imaging technology on the productivity of the Boston Police Department's Ballistics Unit. **Journal of Forensic Sciences**, v. 49, n. 4, 2004.

BRAGA, A.A.; PIERCE, G.L. Reconsidering the ballistic imaging of crime bullets in gun law enforcement operations. **Forensic Science Policy & Management: An International Journal**, v. 2, n. 3, p. 105-117, 2011.

BRASIL. **Decreto nº 10.711, de 2 de junho de 2021**. Institui o Banco Nacional de Perfis Balísticos, o Sistema Nacional de Análise Balística e o Comitê Gestor do Sistema Nacional de Análise Balística. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2021/decreto/D10711.htm. Acesso em 19 mai. 2025.

BRASIL. **Lei nº 10.826, de 22 de dezembro de 2003**. Dispõe sobre registro, posse e comercialização de armas de fogo e munição, sobre o Sistema Nacional de Armas – SINARM, define crimes e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/2003/110.826.htm. Acesso em 18 mai. 2025.

BRASIL. **Lei nº 13.964, de 24 de dezembro de 2019a**. Aperfeiçoa a legislação penal e processual penal. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2019/lei/113964.htm. Acesso em 18 mai. 2025.

BRASIL. **Painel Power BI - SINAB – Sistema Nacional de Análise Balística**. Ministério da Justiça e Segurança Pública (org.), 2025b. Disponível em: <https://www.gov.br/mj/pt-br/assuntos/sua-seguranca/seguranca-publica/sinab>. Acesso em 18 mai. 2025.

BRASIL. Secretaria Nacional de Segurança Pública. Ministério da Justiça e Segurança Pública (org.). **Sistema Nacional de Análise Balística - SINAB: Plano de Implementação**. Brasília, 2019b.

BRASIL. Ministério da Justiça e Segurança Pública. Rede Integrada de Bancos de Perfis Genéticos. **XXI Relatório da Rede Integrada de Bancos de Perfis Genéticos: dados estatísticos e resultados** – Mai/2024 a Nov/2024. Brasília, 2024b. Disponível em: <https://www.gov.br/mj/pt-br/assuntos/sua-seguranca/seguranca-publica/ribpg/relatorio/xxi-relatorio-da-rede-integrada-de-bancos-de-perfis-geneticos-novembro-2024.pdf>. Acesso em: 17 jun. 2025.

BRASIL. Ministério da Justiça e Segurança Pública. Sistema Nacional de Análise Balística. **Relatório de Atividades do SINAB 01/2022 – 12/2023**. Brasília, 2024a. Disponível em: <https://www.gov.br/mj/pt-br/assuntos/sua-seguranca/seguranca->

publica/sinab/manual_3o_sinab/relatorio-sinab-2023_v1final_05_03.pdf. Acesso em: 18 mai. 2025.

BRASIL. Ministério da Justiça e Segurança Pública. Sistema Nacional de Análise Balística. **Resolução n.º 5, de 8 de janeiro de 2025**. 3ª Edição do Manual de Procedimentos do Sistema Nacional de Análise Balística. Brasília, 2025a. Disponível em: https://www.gov.br/mj/pt-br/assuntos/sua-seguranca/seguranca-publica/sinab/manual_3o_sinab.pdf. Acesso em: 18 mai. 2025.

BUMBLAUSKAS, D.; NOLD, H.; BUMBLAUSKAS, P.; IGOU, A. Big data analytics: transforming data to action. **Business Process Management Journal**, Bingley, v. 23, n. 3, p. 703–720, 2017.

CAO, G.; DUAN, Y.; LI, G. Linking business analytics to decision-making effectiveness: a path model analysis. **IEEE Transactions on Engineering Management**, New York, v. 62, n. 3, p. 384–395, 2015.

CERQUEIRA, D.; BUENO, S. (coord.). **Atlas da violência 2025**. Brasília: Ipea; FBSP, 2025. Disponível em: <https://repositorio.ipea.gov.br/handle/11058/14031>. Acesso em: 18 mai.2025

DE CEUSTER, J. HERMSEN, R.; MASTAGLIO, M., NENNSTIEL, R. A discussion on the usefulness of a shared European ballistic image database. **Science & Justice**, [S.L.], v. 52, n. 4, p. 237-242, 2012.

GERARD, F.J; CROOKES, R.L.; ELLIOT, S.; HELLENBACH, M.; STAMOS, A.; POOLE, H.; BOWEN, E. The sharing of ballistics data across Europe and neighbouring territories. **Science & Justice**, v. 57, n. 5, p. 384-393, 2017.

GERULES, G.; BHATIA, S.K.; JACKSON, D.E. A survey of image processing techniques and statistics for ballistic specimens in forensic science. **Science & Justice**, v. 53, n. 2, p. 236-250, 2013.

GIL, A.C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 4 ed. São Paulo: Editora Atlas, 2002.

GRAEFF, B. (coord.). **Onde mora a impunidade?** Porque o Brasil precisa de um indicador nacional de esclarecimento de homicídios. Instituto Sou da Paz 7. ed. São Paulo, 2024.

HOUCK, M.M.; SPEAKER, P.J.; FLEMING, A.S.; RILEY, R.A. The balanced scorecard: sustainable performance assessment for forensic laboratories. **Science & Justice**, v. 58, n. 1, p. 1-8, 2012.

ISSA, J.P.M. **Tratado de Balística: Bases Técnico-Científicas, Médico-Legais e Aplicações Periciais**. 1. ed. São Paulo: Santos Publicações, 2023.

KING, W.; MAGUIRE, E. Assessing the performance of systems designed to process criminal forensic evidence. **Forensic Science Policy and Management**, v. 1, n. 3, p. 159-170, 2009.

KING, W.; WELLS, W.; KATZ, C.; MAGUIRE, E.; FRANK, J. Opening the black box of NIBIN: a descriptive process and outcome evaluation of the use of NIBIN and its effects on criminal investigations. **Journal of Forensic Sciences**, v. 58, n. 5, p. 1274-1281, 2013.

KING, W.; CAMPBELL B.A.; MATUSIAK, M.C.; KATZ C.M. Forensic evidence and criminal investigations: The impact of ballistics information on the investigation of violent crime in nine cities. **Journal of forensic sciences**, v. 62, n. 4, p. 874-880, 2017.

MARCONI, M.A.; LAKATOS, E.M. **Fundamentos da Metodologia Científica**. 8 ed. São Paulo: Atlas, 2017.

MATTIJSSSEN, E.J.A.T.; KERKHOFF, W.; HERMSEN, R.; HES, R.A.G. Interpol review of forensic firearm examination 2019-2022. **Forensic Science International: Synergy**, v. 6, p. 100305, 2023.

NICHOLS, R. **Firearm and Toolmark Identification: the scientific reliability of the forensic science discipline**. 1. ed., Academic Press, 2018.

PRAKASH, D. Data-driven management: the impact of big data analytics on organizational performance. **International Journal for Global Academic & Scientific Research**, v. 3, n. 2, p. 12–23, 2024.

RIBAUX, O.; WALSH, S.J.; MARGOT, P. Intelligence-led crime scene processing. Part I: Forensic intelligence. **Forensic Science International: Synergy**, v. 195, p. 1-3, 2006.

RATCLIFFE, J.H. **Intelligence-led policing**. 2ed. London: Routledge, 2016.

SPEAKER, P.J.; FLEMING, A.S.; GERSHMAN, A.; KOBUS, H.; KLOOSTERMAN, A.; PAPAGIANNIS, F.; JEFFREYS, M. Key performance indicators and managerial analysis for forensic laboratories. **Forensic Science Policy & Management**, v. 1, n. 1, p. 32-42, 2009.

SPEAKER, P. J. Project FORESIGHT annual report: 2017-2018. **Forensic Science International: Synergy**, v. 1, p. 97-113, 2019.

TOCCHETTO, D. **Balística Forense: aspectos técnicos e jurídicos**. 12 ed. Campinas: Millennium, 2025.

WAMBA, S.F.; GUNASEKARAN, A.; AKTER, S.; REN, S.J.; DUBEY, R.; CHILDE S.J. Big data analytics and firm performance: effects of dynamic capabilities. **Journal of Business Research**, New York, v. 70, p. 356–365, 2016.

YANG, C.; LIN, J.; YAN, K.; DENG, Y.; HU, Z.; LIU, C. Data-driven quantitative performance evaluation of construction supervisors. **Buildings**, Basel, v. 13, n. 5, p. 1264, 2023.

APÊNDICE A – Métricas utilizadas atualmente para avaliação de desempenho no SINAB e valores das razões TAQ / TA e CV / TA adotadas como alguns dos critérios de seleção, com destaque para os estados selecionados para a pesquisa

ESTADO	TA	TAQ	HI	HL	HI + HL	CV	TAQ / TA	CV / TA
AC	542	403	5	6	11	492	0,744	0,908
AL	603	513	0	14	14	181	0,851	0,300
AP	149	45	0	0	0	254	0,302	1,705
AM	808	603	0	2	2	142	0,746	0,176
BA	2740	2306	0	18	18	1226	0,842	0,447
CE	4150	3396	35	261	296	492	0,818	0,119
DF	1438	301	6	1	7	2504	0,209	1,741
ES	5562	2183	229	147	376	8972	0,392	1,613
GO	3871	534	36	20	56	7195	0,138	1,859
MA	280	148	5	8	13	297	0,529	1,061
MT	1720	620	50	92	142	3213	0,360	1,868
MS	844	267	14	17	31	961	0,316	1,139
MG	7423	3514	110	211	321	9792	0,473	1,319
PA	2286	1388	28	102	130	2204	0,607	0,964
PB	1982	1114	74	140	214	1561	0,562	0,788
PR	4622	1792	172	307	479	8150	0,388	1,763
PE	2904	1612	15	102	117	6345	0,555	2,185
PI	1290	859	61	99	160	2226	0,666	1,726
RJ	1572	512	14	21	35	1118	0,326	0,711
RN	1421	1094	36	756	792	2720	0,770	1,914
RS	9096	1066	124	20	144	16490	0,117	1,813
RO	1510	413	8	3	11	1609	0,274	1,066
RR	207	72	3	2	5	182	0,348	0,879
SC	466	217	34	42	76	831	0,466	1,783
SP	2684	1467	10	26	36	3440	0,547	1,282
SE	631	600	2	34	36	1182	0,951	1,873
TO	200	148	21	70	91	385	0,740	1,925

Fonte: Dados do sistema de *business intelligence* do SINAB (2022–2024), adaptado pelos autores (2025).

APÊNDICE B – Valores dos indicadores propostos calculados para os estados selecionados.

ESTADO	TCG	TCQ	IEA	III
CE	8,72	1,03	0,06	11,82
DF	2,33	1,99	0,87	85,71
ES	17,22	10,49	0,81	60,90
GO	10,49	6,74	0,93	64,29
RN	72,39	3,29	0,96	4,55
RS	13,51	11,63	0,91	86,11
SE	6,00	0,33	0,94	5,56
TO	61,49	14,19	0,96	23,08

Fonte: Elaborado pelos autores (2025).