O Laboratório Clínico como Pilar do Diagnóstico

Competências Profissionais, Qualidade Total e Impacto na Decisão Médica

Ewerton Cardoso e Rafael Arrua da Silveira

Co-autores: Bruna Warmling · Mateus Rycheski

E-mail de contato: srafs2013@gmail.com

Florianópolis, Santa Catarina, Brasil — 31 de julho de 2026

Resumo. O laboratório clínico contribui para até 80% das decisões médicas em cenários de urgência e emergência e cerca de 50% em contextos ambulatoriais. Este artigo revisa, à luz da literatura internacional publicada a partir de 2010, as competências essenciais dos profissionais de laboratório, os fundamentos da gestão da qualidade total nas fases pré-analítica, analítica e pós-analítica, a biossegurança, a comunicação interprofissional, o impacto de setores especializados (microbiologia, urinálise, parasitologia e imunologia), a gestão de pessoas e o papel emergente da inteligência artificial e da medicina de precisão. Cinco casos clínicos ilustram, em formato de achado laboratorial → conduta imediata, a correlação direta entre o dado laboratorial e a segurança do paciente.

Palavras-chave: medicina laboratorial; diagnóstico clínico; gestão da qualidade; competências profissionais; segurança do paciente; automação; inteligência artificial.

Abstract. The clinical laboratory contributes to up to 80% of medical decisions in emergency settings and about 50% in ambulatory care. This review examines, based on international literature published since 2010, the core competencies of laboratory professionals, total quality management, biosafety, interprofessional communication, specialised sectors, people management, and the emerging role of artificial intelligence and precision medicine.

Keywords: laboratory medicine; clinical diagnosis; quality management; professional competencies; patient safety; artificial intelligence.

SEO / Tags: laboratório clínico · medicina laboratorial · EBLM · Westgard · controle de qualidade · biossegurança RDC 302 · ISO 15189 · automação laboratorial · inteligência artificial em diagnóstico · valores de referência personalizados · Scientia Labs · Institutovet · Hospital Veterinário Florianópolis · Lavef

Elaborado por Ewerton Cardoso e Rafael Arrua da Silveira

1. Introdução

O laboratório de análises clínicas é muito mais que um setor de produção de exames: é um centro de inteligência diagnóstica. Christenson (2007) e Plebani (2010) destacam que a medicina baseada em evidências aplicada ao laboratório (*Evidence-Based Laboratory Medicine*, EBLM) exige que o profissional vá além da execução técnica, desenvolvendo capacidade de correlação clínica, interpretação contextualizada e comunicação eficiente com a equipe assistencial. A evolução tecnológica trouxe precisão analítica sem precedentes, mas o valor real do dado laboratorial reside na sua transformação em informação clínica acionável.

A função primordial do laboratório é fornecer, por meio dos resultados de exames, subsídios para que o médico – em conjunto com o histórico e os dados clínicos do paciente – alcance um diagnóstico preciso e tome decisões de conduta com segurança. Sem essa interface, a prática médica retrocederia a um modelo eminentemente empírico, elevando os riscos de iatrogenia e diagnósticos tardios.

Estudos recentes de Zhan *et al.* (2026) e Coskun *et al.* (2022) apontam para uma nova fronteira: a interpretação personalizada dos resultados laboratoriais com base na variação biológica intraindividual, superando o modelo tradicional de intervalos de referência populacionais. Essa mudança de paradigma exige que o profissional atue como consultor científico, integrando dados longitudinais para identificar desvios sutis que a estatística populacional muitas vezes mascara.

2. O Impacto do Laboratório na Decisão Médica

2.1 Contribuição quantitativa

Hallworth (2011) analisou criticamente a afirmação difundida de que exames laboratoriais influenciam 70% das decisões médicas. O autor concluiu que, embora o percentual exato varie conforme o cenário clínico, a contribuição do laboratório é inequivocamente substancial – estimada entre 60% e 80% em serviços de urgência e emergência. Em sepse ou infarto agudo do miocárdio, o biomarcador não é apenas um suporte, mas o gatilho para intervenções terapêuticas críticas.

Forsman (1996), citado por Plebani (2010), demonstrou que em contextos ambulatoriais os exames contribuem para o diagnóstico e a conduta em aproximadamente 50% dos atendimentos. Mesmo em consultas de rotina, o rastreio laboratorial permite a detecção precoce de doenças crônicas não transmissíveis – como diabetes *mellitus* e dislipidemias – antes da manifestação clínica exuberante. Lippi e Plebani (2011) reforçam que a maior parte dos erros diagnósticos evitáveis tem origem em falhas de comunicação entre laboratório e clínica, e não em erros analíticos propriamente ditos.

2.2 Medicina baseada em evidências laboratoriais

Christenson (2007) descreveu o ciclo da EBLM: formulação de pergunta clinicamente relevante, localização e avaliação crítica das evidências e aplicação dos achados à prática. Curvas ROC, diagramas de Fagan e razões de verossimilhança são ferramentas essenciais para converter probabilidades pré-teste em pós-teste pelo Teorema de Bayes – um teste positivo em população de baixa prevalência tem valor preditivo positivo drasticamente diferente do mesmo teste em população de alto risco.

Price (2012) reforça que guidelines baseadas em evidências e a colaboração com clínicos são fundamentais para caminhos assistenciais locais que otimizem o uso do laboratório, reduzindo exames desnecessários e priorizando testes reflexos – pilares da eficiência diagnóstica e da sustentabilidade econômica dos sistemas de saúde.

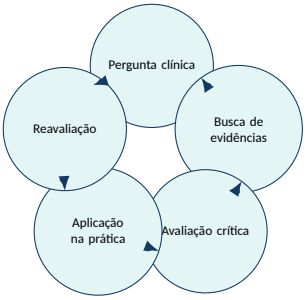


Figure 1: Ciclo da Medicina Baseada em Evidências Laboratoriais (EBLM), adaptado de Christenson (2007).

Elaborado por Ewerton Cardoso e Rafael Arrua da Silveira

3. Competências Essenciais do Profissional de Laboratório

3.1 O tripé conhecimento-habilidade-atitude

O modelo de competência profissional proposto por Silveira (2024) distribui-se em Conhecimentos (25%), Habilidades (25%) e Atitudes (50%). Essa proporção destaca que o diferencial do profissional não está apenas no saber técnico, mas sobretudo na postura ética, no comprometimento e na capacidade de comunicação. O conhecimento é a base, a habilidade é a ferramenta, mas a atitude é o que garante execução com excelência e foco no paciente.

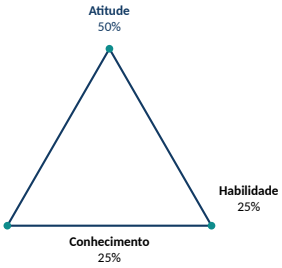


Figure 2: Tripé de competência profissional em laboratório clínico (Silveira, 2024).

Elaborado por Ewerton Cardoso e Rafael Arrua da Silveira

A Clinical and Laboratory Standards Institute (CLSI, 2018), na diretriz QMS03, estabelece que programas de treinamento e avaliação de competência devem ser es-

truturados, documentados e contínuos. A norma ISO 15189:2022 reforça essa exigência ao vincular a competência do pessoal à acreditação do laboratório. A atitude profissional envolve proatividade para identificar inconsistências: um resultado que não condiz com o histórico deve despertar a dúvida metódica – houve erro na coleta? o equipamento está calibrado? há interferência medicamentosa? Essa postura crítica separa o "apertador de botões" do verdadeiro analista clínico.

3.2 Competências técnicas e multidisciplinares

O profissional deve dominar os principais exames e seus valores de referência, a correlação dos resultados com patologias e a integração entre setores. A visão sistêmica permite que um achado na hematologia (leucocitose) seja correlacionado com um marcador inflamatório na bioquímica (PCR), fortalecendo a hipótese diagnóstica antes da liberação do laudo. Além da técnica, competências em gestão administrativa, financeira, recursos humanos e qualidade são vitais: o laboratório é uma unidade de negócio complexa que exige eficiência operacional para manter a viabilidade sem comprometer a segurança. O domínio de informática aplicada e inglês técnico-científico é indispensável para o acesso às literaturas mais recentes e a operação de *softwares* de interfaceamento avançados.

3.3 Consultoria científica e rounds multidisciplinares

Plebani (2015) argumenta que o laboratorista do século XXI precisa ser um "consultor clínico", participando de rounds hospitalares e discutindo algoritmos diagnósticos com a equipe assistente – marca da transição do laboratório "fechado em si mesmo" para o laboratório centrado no paciente. Essa participação ativa exige que o profissional saiba comunicar, em linguagem acessível, as limitações de sensibilidade e especificidade de cada método – por exemplo, explicando a um cirurgião por que uma amilase normal não exclui pancreatite aguda, ou a um pediatra por que a PCR pode estar normal nas primeiras horas de uma infecção bacteriana ainda em fase inicial.

A prática de rounds multidisciplinares tem se expandido também para a telemedicina laboratorial: em redes com múltiplas unidades, como a formada por laboratórios humanos e veterinários de referência, a discussão remota de casos complexos – com apresentação de lâminas digitalizadas, curvas de coagulação ou traçados de eletroforese – amplia o acesso a segunda opinião especializada mesmo em regiões com escassez de patologistas clínicos. Essa descentralização do conhecimento, sustentada por plataformas digitais, é apontada por Goswami *et al.* (2021) como uma das tendências mais promissoras para reduzir disparidades regionais no acesso ao diagnóstico de qualidade.

4. Gestão da Qualidade Total no Laboratório

4.1 As três fases do processo

A qualidade total abrange as fases pré-analítica, analítica e pós-analítica. Plebani (2010) e Lippi *et al.* (2011) documentaram que 60–70% dos erros laboratoriais ocorrem na fase pré-analítica – identificação incorreta, jejum inadequado, hémolise ou transporte em temperatura incorreta. A fase analítica, embora represente apenas 5–10% dos erros, exige monitoramento rigoroso: Westgard e Westgard (2014) estabeleceram as regras de controle interno que permitem monitorar precisão e exatidão em tempo real, com gráficos de Levey-Jennings e participação obrigatória em ensaios de proficiência (controle externo).

Fase do processo	% erros	Origem típica
Pré-analítica	60–70%	Identificação, coleta, transporte
Analítica	5–10%	Calibração, reversão de método
Pós-analítica	20–30%	Transcrição, atraso na liberação

Table 1: Distribuição dos erros laboratoriais por fase (Plebani, 2010; Lippi *et al.*, 2011).

Elaborado por Ewerton Cardoso e Rafael Arrua da Silveira

Na fase pós-analítica, o foco é a entrega do resultado e sua interpretação. Erros de transcrição, atraso na liberação de valores críticos ou falha de comunicação podem ter consequências fatais. Sistemas de autoverificação baseados em regras de decisão reduzem o tempo de resposta (TAT) e minimizam o erro humano na revisão de resultados normais. Plebani e Sciacovelli (2017) propuseram um conjunto internacional de indicadores de qualidade extra-analíticos, hoje adotados por sociedades científicas em vários países.

4.2 Biossegurança e gestão de riscos

A implementação de programas de biossegurança é responsabilidade do diretor técnico. No Brasil, a RDC 302/2005 da ANVISA estabelece os requisitos mínimos para o funcionamento de laboratórios clínicos: gestão de resíduos, uso obrigatório de EPIs, manutenção preventiva de equipamentos e elaboração de Procedimentos Operacionais Padrão (POPs). A gestão de riscos envolve também a continuidade do negócio: planos de contingência para falhas de energia, quebra de equipamentos principais ou indisponibilidade de reagentes devem estar documentados e testados.

4.3 Acreditação e normas internacionais

Além das exigências regulatórias mínimas, a busca por acreditação voluntária representa um diferencial competitivo e científico. A ISO 15189:2022 é hoje a norma internacional de referência para laboratórios clínicos, articulando requisitos de gestão (equivalentes à ISO 9001) com requisitos técnicos específicos da área da saúde. Nos Estados Unidos, o *College of American Pathologists* (CAP) mantém um dos programas de acreditação mais rigorosos do mundo, com inspeções por pares e checklists específicos por especialidade. No Brasil, o Programa de Acreditação de Laboratórios Clínicos (PALC), da Sociedade Brasileira de Patologia Clínica/Medicina Laboratorial (SBPC/ML), adapta esses princípios à realidade nacional, sendo hoje referência de qualidade para laboratórios humanos e, cada vez mais, tam-

bém citado como benchmark por laboratórios veterinários que buscam elevar seu padrão técnico.

A adoção de qualquer um desses modelos exige investimento contínuo em documentação, auditorias internas e ações corretivas – mas o retorno, sustentado pela literatura (Plebani & Sciacovelli, 2017), inclui redução mensurável de não conformidades, maior confiança médica nos resultados e, em última instância, melhores desfechos clínicos. Auditorias internas periódicas, aliadas a auditorias externas cruzadas entre unidades de uma mesma rede, permitem identificar pontos cegos que a rotina interna, por familiaridade, tende a não perceber.

5. Panorama Internacional: Estados Unidos, Europa e Brasil

A organização da medicina laboratorial varia consideravelmente entre países, embora os princípios de qualidade discutidos neste artigo sejam essencialmente universais. Nos Estados Unidos, o modelo é fortemente regulado pelo *Clinical Laboratory Improvement Amendments* (CLIA), que classifica os testes por complexidade e define requisitos diferenciados de pessoal e controle de qualidade conforme essa classificação. A acreditação pelo CAP, embora voluntária, tornou-se de fato obrigatória para a maioria dos grandes sistemas hospitalares, dada a exigência de operadoras de saúde e agências governamentais.

Na Europa, a diretriz *In Vitro Diagnostic Regulation* (IVDR, 2017/746), plenamente aplicável desde 2022, elevou substancialmente as exigências regulatórias para fabricantes de reagentes e equipamentos diagnósticos, exigindo evidência clínica mais robusta antes da comercialização. Essa mudança tem impacto direto sobre os laboratórios usuários, que passam a exigir dos fornecedores documentação técnica mais completa para embasar suas próprias validações de método.

No Brasil, a combinação entre a regulamentação sanitária mínima da ANVISA (RDC 302/2005 e normas correlatas) e a busca voluntária por acreditação via PALC/SBPC-ML ou ISO 15189 cria um cenário de qualidade heterogênea entre instituições, no qual laboratórios que investem voluntariamente em qualidade total – como os que integram a rede Scientia Labs, Institutovet, HVF e Lavef – tendem a se diferenciar de forma mensurável em indicadores de segurança do paciente e satisfação médica. Essa heterogeneidade reforça a importância da educação continuada e da disseminação de boas práticas, papel que publicações técnicas como esta buscam cumprir.

6. Comunicação Eficiente e Trabalho em Equipe

Alhammad *et al.* (2025) demonstraram que estratégias estruturadas de comunicação reduzem significativamente erros de interpretação; o protocolo de *read-back* para valores críticos é recomendado internacionalmente. O profissional deve traduzir um resultado complexo de forma compreensível para outros profissionais de saúde e, quando apropriado, para o paciente – a transparência sobre limitações do método e possíveis interferências analíticas constrói confiança e evita condutas baseadas em interpretações equivocadas.

Salas *et al.* (2018) mostram que equipes de saúde com alta coordenação apresentam cerca de 30% menos eventos adversos. Quando setores competem entre si por recursos ou reconhecimento, quem perde é o paciente: a integração entre bioquímica, hematologia e recepção é condição para a qualidade total, funcionando como engrenagem única em que o sucesso de um setor depende da eficiência do anterior.

6.1 Documentação e *handoff* entre turnos

A comunicação interna é tão crítica quanto a comunicação com o corpo clínico externo. Ruídos entre turnos de trabalho, ou entre os setores de coleta e análise, geram retrabalho e estresse – e, mais grave, podem levar à perda de continuidade no acompanhamento de um resultado crítico já identificado, mas ainda não comunicado ao médico assistente. O uso de ferramentas de gestão visual (quadros *kanban* físicos ou digitais) e reuniões de *huddle* (alinhamento rápido) no início de cada jornada são estratégias eficazes para garantir que todos os membros da equipe estejam cientes das prioridades e dos pendências do turno anterior.

A padronização do *handoff* – a transferência formal de informações entre turnos ou entre setores – deve incluir, no mínimo, a lista de valores críticos ainda não comunicados, amostras com problemas de qualidade pendentes de resolução e equipamentos em manutenção ou fora de especificação. Protocolos estruturados de *handoff*, adaptados de modelos amplamente validados na enfermagem hospitalar, reduzem a dependência da memória individual e transformam a continuidade do cuidado em processo institucional, e não em favor pessoal entre colegas.

7. Setores Especializados e Segurança do Paciente

7.1 Microbiologia e *stewardship* de antimicrobianos

A microbiologia lida com o tempo biológico do crescimento bacteriano e fúngico, exigindo visão epidemiológica para identificar precocemente patógenos multirresistentes (MDR). A transição para a microbiologia molecular e proteômica – como o MALDI-TOF MS – revolucionou a velocidade diagnóstica: uma identificação que antes levava 48 horas hoje pode ser feita em minutos após o crescimento da colônia. Ainda assim, a tecnologia não substitui o julgamento do analista na interpretação do antibiograma, sobretudo na detecção fenotípica de carbapenemases (KPC, NDM). A Organização Mundial da Saúde (WHO, 2021) reforça que a comunicação rápida de resultados parciais – como o Gram de hemocultura positiva – integra o laboratório ao *stewardship* de antimicrobianos, reduzindo a pressão seletiva de antibióticos de amplo espectro.

7.2 Urinálise e parasitologia

Na urinálise, a correlação entre a fita reagente (química) e a sedimentoscopia (microscopia) é o principal filtro de qualidade. Nitrito positivo sem visualização de bactérias, ou sangue na fita sem hemácias no sedimento, são discrepâncias que apenas um profissional atento interpreta corretamente. Cilindros hemáticos são marcador patognomônico de lesão glomerular, enquanto cristais de cistina podem ser a primeira pista de doenças metabólicas raras. Na parasitologia, o desafio reside na baixa carga parasitária e na intermitência da eliminação de cistos e ovos; técnicas de concentração (Hoffman, Ritchie) são fundamentais, sobretudo diante de pacientes imunossuprimidos, em que parasitas oportunistas podem definir o desfecho clínico.

7.3 Imunologia e marcadores tumorais

Ensaios de quimioluminescência (CLIA) e eletroquimioluminescência (ECLIA) elevaram a sensibilidade analítica, mas trazem o desafio das interferências – efeito gancho (*hook effect*) em marcadores tumorais muito elevados, ou interferência de anticorpos heterófilos e biotina. Um PSA ou CA-125 isolado não faz diagnóstico de câncer; serve, sobretudo, ao acompanhamento terapêutico. O conceito de janela imunológica é crucial em sorologias infecciosas: um resultado não reagente em exposição recente não exclui infecção, cabendo ao laboratório sugerir repetição ou testes moleculares.

8. Valores de Referência e Personalização

Os intervalos de referência tradicionais baseiam-se em populações saudáveis, com intervalo de confiança de 95% – ou seja, 5% dos indivíduos saudáveis estarão, por definição estatística, fora do "normal". Ricos *et al.* (2020) atualizaram a base de dados europeia de variação biológica, evidenciando que fatores como etnia, dieta, altitude e ritmo circadiano raramente são contemplados nos intervalos genéricos fornecidos por fabricantes de reagentes.

Zhan *et al.* (2026) e Badrick (2021) propõem intervalos de referência personalizados (PRIs) baseados na variação biológica intraindividual: o próprio histórico do paciente torna-se o melhor comparativo. Um paciente com glicemia habitual de 80 mg/ dL que passa a apresentar 98 mg/dL segue dentro do intervalo populacional (< 99 mg/ dL), mas, para seu histórico, representa um aumento que pode sinalizar resistência insulínica incipiente. A implementação de PRIs requer sistemas de informação laboratorial (LIS) capazes de análises de tendência e alertas de desvio – a base da medicina de precisão.

A padronização internacional de nomenclatura também desempenha papel silencioso, mas essencial, na personalização e na interoperabilidade dos dados laboratoriais. Sistemas de codificação como o LOINC (*Logical Observation Identifiers Names and Codes*) e a terminologia SNOMED CT permitem que um mesmo exame, realizado em diferentes plataformas analíticas ou instituições, seja corretamente identificado e comparado ao longo do tempo – pré-requisito técnico indispensável para que os intervalos de referência personalizados propostos por Zhan *et al.* (2026) possam ser implementados em escala, especialmente em redes com múltiplas unidades e sistemas de informação distintos.

Cenário	Populaçional	Personalizado (PRI)
Glicemia habitual 80 mg/dL	Normal (< 99)	Alerta de tendência
Nova glicemia 98 mg/dL	"Normal"	Possível resistência insulínica
Referência usada	Fixa, populacional	Dinâmica, histórico individual

Table 2: Comparação entre interpretação populacional e personalizada de um mesmo resultado (Zhan *et al.*, 2026).

Elaborado por Ewerton Cardoso e Rafael Arrua da Silveira

9. Perspectiva Veterinária: Convergências e Especificidades

Os princípios da medicina laboratorial humana aplicam-se, com adaptações relevantes, à patologia clínica veterinária. A variação interespecífica de valores de referência – entre cães, gatos, equinos e animais de produção – torna a adoção de intervalos especíe-específicos ainda mais crítica do que na medicina humana, uma vez que um mesmo parâmetro (por exemplo, ureia ou fósforo) pode ter significado clínico completamente distinto entre espécies. A American Society for Veterinary Clinical Pathology (ASVCP, atualizada em 2021) recomenda a validação interna de intervalos de referência por espécie, raça e faixa etária sempre que o volume amostral do laboratório permitir.

A fase pré-analítica veterinária apresenta desafios adicionais: a contenção do animal, o estresse da coleta e a variabilidade de volume sanguíneo disponível em pequenos pacientes (aves, répteis, filhotes) exigem protocolos específicos de coleta e transporte. A hemolise *in vitro*, extremamente comum em felinos por fragilidade eritrocitária, é uma das principais causas de rejeição de amostra em laboratórios veterinários, ecoando – em escala ampliada – o mesmo problema descrito por Lippi e Guidi (2011) na medicina humana.

A integração entre laboratório veterinário e clínica é igualmente decisiva: um hemograma com anemia regenerativa associado a esferocitose direciona imediatamente a suspeita de anemia hemolítica imunomediada (AHIM) em cães, uma emergência com mortalidade elevada se não tratada precocemente com imunossupressão. Da mesma forma, a eletroforese de proteínas séricas é ferramenta central no diagnóstico diferencial de peritonite infecciosa felina (PIF), doença em que o achado laboratorial frequentemente precede a confirmação clínica definitiva. A convergência metodológica entre as áreas – compartilhada nas parcerias entre Scientia Labs, Institutovet e Hospital Veterinário Florianópolis – reforça que os mesmos pilares de qualidade total, comunicação e atitude profissional sustentam tanto a medicina humana quanto a veterinária.

10. Indicadores de Qualidade e Benchmarking Internacional

A gestão da qualidade total depende da mensuração objetiva de indicadores ao longo de todo o ciclo do exame. Plebani e Sciacovelli (2017) sistematizaram, em consenso internacional, indicadores extra-analíticos aplicáveis a qualquer laboratório, independentemente do porte ou país. A tabela a seguir resume indicadores-chave amplamente adotados, com metas de referência observadas na literatura internacional.

Indicador de qualidade	Meta típica
Taxa de amostras hemolisadas	< 2%
Erros de identificação do paciente	< 0,1%
TAT de valores críticos (comunicação)	< 30 min
Taxa de repetição analítica	< 3%
Adesão a controle externo (PT/EQA)	100%
Satisfação do solicitante	> 90%

Table 3: Indicadores de qualidade extra-analíticos e metas de referência (adaptado de Plebani & Sciacovelli, 2017; CLSI QMS03, 2018).

Elaborado por Ewerton Cardoso e Rafael Arrua da Silveira

O benchmarking entre unidades – como praticado na rede formada por Scientia Labs, Institutovet, HVF e Lavef – permite identificar desvios sistemáticos antes que impactem o paciente. A comparação periódica de indicadores entre unidades de uma mesma rede, aliada a planos de ação corretiva documentados, é recomendação explícita da ISO 15189:2022 para a melhoria contínua do sistema de gestão da qualidade.

Na medicina veterinária, os mesmos princípios se aplicam por meio da norma ISO/ IEC 17025, voltada a laboratórios de ensaio e calibração em geral, adaptada por diversas redes veterinárias como referência de qualidade analítica. Indicadores como taxa de rejeição de amostras por hemólise – historicamente mais elevada em felinos –, tempo de resposta para exames de emergência (hemogasometria, lactato) e concordância interobservador na leitura de esfregaços sanguíneos são particularmente relevantes para o monitoramento contínuo de laboratórios veterinários de referência.

11. Considerações Econômicas e Sustentabilidade do Laboratório

A sustentabilidade econômica do laboratório clínico é condição para a manutenção da qualidade a longo prazo. Price (2012) reforça que a solicitação assertiva de exames – evitando painéis redundantes e priorizando testes reflexos – reduz custos sem comprometer a acurácia diagnóstica. Em sistemas de saúde com recursos limitados, cada real investido em controle de qualidade analítica evita gastos muito maiores decorrentes de repetições, condutas médicas equivocadas e complicações evitáveis.

A adoção de automação e de inteligência artificial, discutida na seção seguinte, também tem impacto direto na eficiência operacional: a redução do tempo de resposta (TAT) diminui o tempo de permanência hospitalar e libera leitos mais rapidamente, um efeito econômico indireto, mas mensurável, da excelência laboratorial. Para laboratórios de menor porte – realidade comum na rede veterinária brasileira –, a terceirização estratégica de exames de alta complexidade para laboratórios de referência, mantendo internamente os exames de maior giro e menor TAT exigido, é um modelo que concilia qualidade, velocidade e viabilidade financeira.

O modelo de rede colaborativa – em que um laboratório de referência central presta suporte técnico-científico a unidades menores, hospitais veterinários e clínicas parceiras – distribui o custo fixo de equipamentos de alta complexidade (por exemplo, plataformas de eletroforese, biologia molecular ou automação de grande porte) entre múltiplos pontos de geração de exames, tornando viável a oferta de testes que, isoladamente, nenhuma unidade menor conseguiria sustentar financeiramente. Esse arranjo, aliado a consultoria técnica contínua e a programas de educação compartilhados, tem se mostrado uma estratégia eficaz de elevação simultânea de qualidade e sustentabilidade em redes de saúde humana e veterinária de médio porte.

12. Automação e Inteligência Artificial

A automação evoluiu de simples contadores de células para sistemas integrados (*track systems*) que minimizam o contato humano com a amostra e padronizam o resultado independentemente do operador. Goswami *et al.* (2021) e Topcu e Tarcan (2021) destacam o impacto do *machine learning*: algoritmos já realizam revisão morfológica de distensões sanguíneas com precisão superior à humana em grandes volumes, além de auxiliar na detecção de padrões em eletroforese de proteínas e na predição de risco de sepse a partir de alterações sutis no hemograma. Naugler e Church (2019) revisaram sistematicamente o uso de IA na morfologia hematológica, apontando ganhos consistentes de sensibilidade para células atípicas.

O *point-of-care testing* (POCT) também avança: Njoroge e Nichols (2014) discutem os desafios de manter, em equipamentos descentralizados, o mesmo padrão de qualidade do laboratório central, garantindo interfaceamento correto ao prontuário eletrônico.

A adoção clínica de algoritmos de IA não é isenta de desafios regulatórios e éticos. Topcu e Tarcan (2021) alertam que a maioria dos modelos publicados carece de validação externa multicêntrica, o que limita a generalização dos resultados para populações distintas daquelas usadas no treinamento. Órgãos regulatórios como a FDA (EUA) e a EMA (União Europeia) têm exigido, cada vez mais, evidência de explicabilidade (*explainable AI*) e monitoramento pós-mercado contínuo para dispositivos de software como dispositivo médico (*Software as a Medical Device*, SaMD) aplicados ao diagnóstico laboratorial. O profissional de laboratório, nesse contexto, assume o papel de última barreira de segurança: a IA sugere, mas a validação final do laudo continua sendo, e deve continuar sendo, uma decisão humana fundamentada.

13. Discussão Integrada: do Dado ao Desfecho Clínico

Os temas revisados neste artigo – competência profissional, qualidade total, comunicação, setores especializados, personalização de referências e automação – não operam de forma isolada. Um erro de identificação na fase pré-analítica (Seção 4) pode anular o benefício de um algoritmo de IA de última geração (Seção 12); um profissional tecnicamente excelente, mas com atitude passiva diante de um resultado incoerente (Seção 3), pode deixar de identificar um erro analítico antes que ele chegue ao médico. Os casos clínicos apresentados (Seção 17) ilustram justamente essa convergência: em cada um deles, a conduta correta dependeu simultaneamente de um dado analítico confiável, de uma comunicação ágil do valor crítico e de um profissional capaz de correlacionar o achado ao quadro clínico.

Essa visão sistêmica reforça a proposta de Plebani (2015): o laboratório do século XXI não pode ser avaliado apenas por indicadores analíticos isolados (precisão, exatidão), mas pelo seu impacto mensurável no desfecho do paciente – tempo até a intervenção correta, redução de eventos adversos e satisfação da equipe assistencial. É essa lógica de resultado, e não apenas de processo, que deve orientar os investimentos futuros em tecnologia, treinamento e gestão de pessoas descritos ao longo deste artigo.

Outro fio condutor evidente nesta revisão é a existência de uma verdadeira cultura de segurança que atravessa todas as seções: da biossegurança física (Seção 4.2) à segurança diagnóstica propriamente dita. Salas *et al.* (2018) e Alhammad *et al.* (2025), embora tratando de aspectos distintos – trabalho em equipe e comunicação estruturada, respectivamente –, convergem para a mesma conclusão: ambientes que normalizam a reportação de quase-erros (*near misses*), sem punição imediata, identificam e corrigem falhas sistêmicas antes que estas atinjam o paciente. Essa cultura de segurança não é um valor abstrato: é um indicador de qualidade mensurável, refletido na taxa de eventos adversos evitados e na confiança que a equipe médica deposita no laboratório como parceiro diagnóstico.

14. Limitações desta Revisão e Direções Futuras

Como toda revisão narrativa, este artigo não seguiu metodologia sistemática de busca e seleção de estudos (por exemplo, protocolo PRISMA), priorizando a síntese de referências amplamente reconhecidas na literatura internacional de medicina laboratorial publicadas a partir de 2010. Os casos clínicos foram selecionados por seu valor didático e representatividade, não configurando série de casos com finalidade epidemiológica. Futuras revisões sistemáticas, com meta-análise quantitativa do impacto de indicadores de qualidade sobre desfechos clínicos, e estudos prospectivos multicêntricos sobre a acurácia de algoritmos de IA em populações brasileiras – humanas e veterinárias – representam lacunas relevantes a serem preenchidas pela comunidade científica nos próximos anos.

15. O Papel do Diretor Técnico Farmacêutico-Bioquímico

No Brasil, a função de diretor técnico de laboratório clínico é frequentemente exercida por farmacêuticos-bioquímicos, profissionais cuja formação combina bases sólidas em química analítica, farmacologia e patologia clínica. Essa formação híbrida posiciona o diretor técnico de forma única para dialogar tanto com a equipe de bancada – compreendendo a fundo os princípios analíticos de cada metodologia – quanto com a equipe médica, interpretando o significado clínico dos resultados liberados sob sua responsabilidade técnica.

A responsabilidade legal do diretor técnico vai além da supervisão operacional: envolve a garantia formal, perante órgãos sanitários e conselhos profissionais, de que todo o processo – da coleta à liberação do laudo – atende aos padrões de qualidade e segurança exigidos. Esse papel de guardião técnico exige atualização constante, dado que novas metodologias analíticas, painéis de biomarcadores e ferramentas de inteligência artificial são incorporados à rotina em ritmo crescente. A atuação simultânea como consultor científico para múltiplas instituições – laboratórios humanos e veterinários, hospitais e clínicas parceiras – amplia ainda mais essa responsabilidade, exigindo padronização de critérios técnicos entre unidades com realidades operacionais distintas.

16. Gestão de Pessoas e Liderança

Como o tripé de Silveira (2024) evidencia, metade da competência profissional reside na atitude – o que se traduz na capacidade de liderar equipes que trabalham sob alta pressão e contato direto com material biológico. A gestão de conflitos entre setores de produção e de apoio (recepção, faturamento) é essencial para manter o fluxo de trabalho harmônico. Programas de educação continuada, treinamentos de biossegurança e avaliações de desempenho baseadas em indicadores técnicos e comportamentais reduzem erros pré-analíticos e elevam o padrão de segurança do paciente. A padronização via POPs robustos e a cultura de mentoria garantem que o conhecimento técnico não se perca com a rotatividade de colaboradores.

17. Casos Clínicos: do Achado à Conduta

Os cinco casos a seguir ilustram, em formato direto, como um dado laboratorial isolado orienta a decisão médica imediata. Cada caso foi escolhido por representar um cenário de alta prevalência e alto risco, em que o atraso na interpretação correta – e não apenas o atraso na execução técnica – pode determinar o desfecho do paciente.

Na apendicite pediátrica, a literatura internacional reforça que escores clínicos combinados a parâmetros laboratoriais (como o escore de Alvarado modificado) superam a avaliação isolada de imagem em cenários de acesso limitado à tomografia, tornando o hemograma completo um

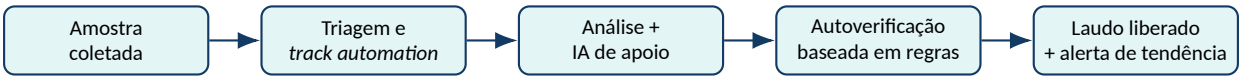


Figure 3: Fluxo do laboratório automatizado com apoio de inteligência artificial, da coleta à liberação do laudo.

Elaborado por Ewerton Cardoso e Rafael Arrua da Silveira

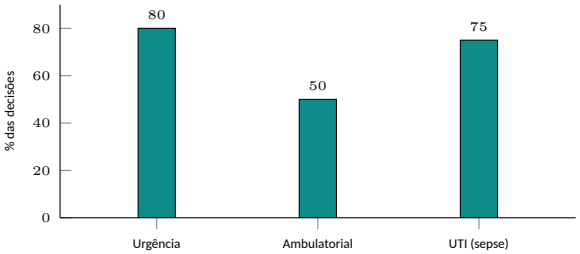


Figure 4: Contribuição estimada do laboratório na decisão médica por cenário clínico (Hallworth, 2011; Forsman, 1996; Plebani, 2010).

Elaborado por Ewerton Cardoso e Rafael Arrua da Silveira

dos exames de maior custo-efetividade na triagem cirúrgica pediátrica.

Caso 1 – Apendicite aguda em pediatria

Paciente feminina, 6 anos, dor abdominal aguda e febre. Hemograma: leucocitose de 34.700/ mm^3 com 23% de bastonetes (desvio à esquerda acentuado). **Conduta:** suspeita imediata de apendicite; encaminhamento cirúrgico prioritário, evitando perfuração e peritonite.

A troponina é considerada padrão-ouro por sua alta sensibilidade e especificidade cardíaca. Mesmo em pacientes idosos, cujos sintomas costumam ser vagos ou atípicos, a elevação desse biomarcador exige ativação imediata do protocolo de síndrome coronariana aguda, independentemente do traçado eletrocardiográfico inicial.

Caso 2 – IAM sem supra de ST (IAMSSST)

Paciente de 89 anos, dor torácica atípica, ECG sem supradesnivelamento. CPK 862 U/L e Troponina I positiva. **Conduta:** ativação imediata do protocolo de síndrome coronariana aguda – o laboratório foi o único meio de confirmar a lesão cardíaca.

A inversão da relação AST/ALT é classicamente associada à hepatopatia alcoólica, pois o álcool inibe a atividade da ALT mais intensamente que a da AST. O cálculo do escore MELD, a partir de creatinina, bilirrubina e RNI, permite estratificar objetivamente a gravidade e priorizar pacientes em listas de espera para transplante.

Caso 3 – Hepatopatia alcoólica

Paciente masculino, 52 anos, icterícia e ascite. AST/ALT > 2, GGT 890 U/L, RNI 1,8, MELD 24. **Conduta:** estratificação de gravidade e priorização para avaliação de transplante hepático.

Em neonatos, a leucopenia é frequentemente sinal mais grave de sepse do que a leucocitose, pois indica exaustão das reservas medulares diante de uma infecção avassaladora. A procalcitonina elevada reforça a etiologia bacteriana com alta especificidade, permitindo que o intensivista atue na chamada "hora de ouro" da sepse, antes mesmo do resultado das hemoculturas.

Caso 4 – Sepse neonatal

Recém-nascido com instabilidade térmica. Neutropenia severa (8%) e procalcitonina 12,5 ng/mL. **Conduta:** antibioticoterapia empírica imediata, antes do resultado de hemoculturas (24–48h) – "hora de ouro" da sepse neonatal.

O manejo da cetoacidose diabética é, na prática, guiado quase inteiramente por números laboratoriais: a cada hora, ajustes na hidratação e na infusão de insulina são definidos pela queda da glicemia e pela correção do pH. A monitorização rigorosa do potássio é crítica, pois a correção da acidose desloca rapidamente o íon para o meio intracelular, podendo precipitar arritmias fatais se não antecipada.

Caso 5 – Cetoacidose diabética

Paciente de 28 anos, hálito cetônico, pH 7,08, glicemia 512 mg/dL, *anion gap* 28. **Conduta:** hidratação e insulinoterapia tituladas por monitorização horária de glicemia, pH e potássio, prevenindo edema cerebral e arritmia por hipocalemia.

Como caso complementar de medicina veterinária, a anemia hemolítica imunomediada (AHIM) em cães ilustra a mesma lógica de urgência diagnóstica discutida nos casos anteriores: o achado de anemia regenerativa associada a esferocitose no esfregaço sanguíneo direciona imediatamente para imunossupressão precoce, reduzindo a mortalidade que, sem tratamento oportuno, pode ultrapassar 50% dos casos segundo a literatura veterinária internacional.

Caso 6 – Anemia hemolítica imunomediada (AHIM) canina

Paciente canino, 4 anos, mucosas pálidas e ictéricas. Hematócrito 14%, reticulocitose acentuada, esferocitose no esfregaço, teste de Coombs direto positivo. **Conduta:** instituição imediata de corticoterapia imunossupressora em dose alta, associada a transfusão de concentrado de hemácias quando indicado pela sintomatologia.

18. Formação Continuada e Carreira em Medicina Laboratorial

A velocidade com que novas metodologias analíticas, biomarcadores e ferramentas de IA são incorporados à rotina exige que a formação do profissional de laboratório seja tratada como processo contínuo, e não como etapa concluída na graduação. A CLSI (2018), na diretriz QMS03, recomenda ciclos formais de avaliação de competência em intervalos regulares – tipicamente semestrais no primeiro ano de atuação e anuais posteriormente – cobrindo tanto habilidades técnicas quanto capacidade de interpretação clínica.

Programas de pós-graduação *lato sensu* em análises clínicas humanas e veterinárias, cursos livres temáticos

Caso	Achado laboratorial-chave	Interpretação	Conduta imediata
Apendicite pediátrica	Leucocitose 34.700/ mm^3, 23% bastonetes	Infecção bacteriana grave	Cirurgia prioritária
IAMSSST	CPK 862 U/L, Troponina I +	Necrose miocárdica sem supra de ST	Protocolo de SCA
Hepatopatia alcoólica	AST/ALT>2, GGT 890, RNI 1,8	Falência de síntese hepática (MELD 24)	Avaliação de transplante
Sepse neonatal	Neutropenia 8%, PCT 12,5 ng/mL	Etiologia bacteriana confirmada	Antibioticoterapia imediata
Cetoacidose diabética	pH 7,08, glicemia 512, *AG* 28	Acidose metabólica por cetoacidose	Insulinoterapia + hidratação titulada
AHIM canina	Ht 14%, esferocitose, Coombs +	Hemólise imunomediada	Imunossupressão precoce

Table 4: Quadro-resumo: do achado laboratorial à conduta clínica imediata.

Elaborado por Ewerton Cardoso e Rafael Arrua da Silveira

(como os oferecidos pela Scientia Labs e pelo Institutovet) e a participação em sociedades científicas nacionais e internacionais são vehículos complementares de atualização. A publicação regular de artigos técnicos e revisões, como a que constitui este trabalho, cumpre papel duplo: consolida o conhecimento do próprio autor e democratiza o acesso a informação especializada para colegas em formação – um dos pilares da missão educacional que sustenta a produção científica das instituições parceiras deste artigo.

19. Conclusão: Diretrizes para a Excelência

O laboratório clínico consolidou-se como pilar central da medicina moderna. A responsabilidade do profissional transcende a bancada: ele é guardião da segurança diagnóstica. O compromisso com a qualidade total não é diferencial competitivo, mas pré-requisito ético para qualquer instituição de saúde. O futuro aponta para integração crescente entre dados laboratoriais, genômicos e de estilo de vida, exigindo que o profissional interprete não apenas o estado atual do paciente, mas seu risco futuro.

As evidências reunidas nesta revisão – provenientes de mais de vinte fontes internacionais publicadas a partir de 1996, com ênfase na literatura de 2010 em diante – convergem para uma conclusão consistente: a excelência laboratorial é resultado da soma de fatores técnicos, humanos e organizacionais, e não de um único investimento isolado em tecnologia. Laboratórios que combinam automação de ponta com equipes bem treinadas, comunicação estruturada e cultura de segurança consolidada são os que efetivamente traduzem precisão analítica em melhores desfechos clínicos – seja na medicina humana, seja na medicina veterinária.

Lembretes práticos para a rotina laboratorial

- Priorize a fase pré-analítica: 60–70% dos erros começam antes da amostra chegar à bancada.
- Trate valores críticos com protocolo de *read-back* – comunicação é ferramenta diagnóstica.
- Correlacione sempre o resultado com o histórico do paciente, não apenas com o intervalo populacional.
- Invista em treinamento contínuo: competência não é estado estático (CLSI QMS03; ISO 15189).
- Use a IA como apoio à revisão morfológica e à predição de risco – nunca como substituto do julgamento clínico.
- Cultive trabalho em equipe: coordenação alta reduz em cerca de 30% os eventos adversos.

O laboratório não entrega apenas laudos: entrega clareza, segurança e esperança para pacientes e médicos.

Referências Bibliográficas

1. ALHAMMAD, R. *et al.* Structured communication and critical value reporting in clinical laboratories. *J Patient Saf*, 2025.
2. BADRICK, T. Personalized reference intervals: the end of population-based ranges? *Clin Chem Lab Med*, 59(11), 2021.
3. CHRISTENSON, R. H. Evidence-based laboratory medicine. *Ann Clin Biochem*, 44(2):111-119, 2007.
4. CLINICAL AND LABORATORY STANDARDS INSTITUTE (CLSI). *QMS03*: Training and Competence Assessment. 4th ed. Wayne, PA, 2018.
5. COSKUN, A. *et al.* Personalized reference intervals in laboratory medicine. *Clin Chem Lab Med*, 60(6), 2022.
6. FORSMAN, R. W. Why is the laboratory an afterthought for managed care organizations? *Clin Chem*, 42(5), 1996.
7. GOSWAMI, R. S. *et al.* Artificial intelligence in clinical laboratory diagnostics. *Clin Chim Acta*, 519, 2021.
8. HALLWORTH, M. J. The '70% claim': what is the evidence base? *Ann Clin Biochem*, 48(6):487-488, 2011.
9. INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. *ISO 15189:2022* – Medical laboratories: requirements for quality and competence. Geneva, 2022.
10. LIPPI, G.; GUIDI, G. C. Preanalytical variability: the dark side of the moon in laboratory testing. *Clin Chem Lab Med*, 49(7), 2011.
11. NAUGLER, C.; CHURCH, D. L. Automation and artificial intelligence in the clinical laboratory. *Crit Rev Clin Lab Sci*, 56(2), 2019.
12. NJOROGE, S. W.; NICHOLS, J. H. Point-of-care testing: quality challenges. *Clin Lab Med*, 34(1), 2014.
13. PLEBANI, M. The detection and prevention of errors in laboratory medicine. *Clin Chem Lab Med*, 48(Suppl 1):S9-S15, 2010.
14. PLEBANI, M. The clinical laboratory: a decision-making unit. *Clin Chem Lab Med*, 53(9), 2015.
15. PLEBANI, M.; SCIACOVELLI, L. Quality indicators for the total testing process. *Clin Lab Med*, 37(1), 2017.
16. PRICE, C. P. Evidence-based laboratory medicine: supporting decision-making. *Clin Chem*, 58(3), 2012.
17. RICOS, C. *et al.* Biological variation database (update). *Adv Lab Med*, 1(4), 2020.
18. SALAS, E. *et al.* Teamwork and patient safety in healthcare. *BMJ Qual Saf*, 27(1), 2018.
19. SILVEIRA, R. A. Atuação e Responsabilidades dos Profissionais nos Laboratórios. Material didático. Scientia Labs, 2024.
20. TOPCU, D. I.; TARCAN, S. Machine learning in laboratory medicine: applications and limitations. *Turk J Biochem*, 46(6), 2021.
21. WESTGARD, J. O.; WESTGARD, S. A. *Basic QC Practices*. 4th ed. Madison, WI: Westgard QC, 2014.
22. WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). *Antimicrobial Stewardship: A Laboratory Perspective*. Geneva, 2021.
23. ZHAN, C. *et al.* Personalized clinical reference intervals. *medRxiv*, 2026.

Como Citar Este Artigo (ABNT NBR 6023)

CARDOSO, Ewerton; SILVEIRA, Rafael Arrua da; WARMLING, Bruna; RYCHESKI, Mateus. **O laboratório clínico como pilar do diagnóstico: competências profissionais, qualidade total e impacto na decisão médica**. Scientia Labs, 2026. Disponível em: scientialabs.com.br e `https://www.institutovet.com/`. Acesso em: 31 jul. 2026.

Documento elaborado em 31 de julho de 2026. As informações contidas são de responsabilidade dos autores. Instituições parceiras: Scientia Labs, Institutovet, Hospital Veterinário Florianópolis e Lavef.