



Esta obra está sob o direito de Licença
Creative Commons Atribuição 4.0
Internacional.

DESENVOLVIMENTO E FUNDAMENTAÇÃO CIENTÍFICA DA METODOLOGIA MIREJ-IN® PARA AVALIAÇÃO, ADAPTAÇÃO E ADEQUAÇÃO REGULATÓRIA DE JOGOS EDUCATIVOS FÍSICOS VISANDO CERTIFICAÇÃO INMETRO

Andrea Marques Vanderlei Fregadolli¹

Maria Lusía de Moraes Belo Bezerra²

Fábio Luiz Fregadolli³

RESUMO

O crescimento das metodologias ativas e da gamificação educacional ampliou significativamente o desenvolvimento de jogos educativos físicos voltados para ensino, treinamento profissional e educação em saúde. Entretanto, apesar da expansão desse mercado, observa-se ausência de metodologias estruturadas que integrem simultaneamente avaliação pedagógica, acessibilidade, segurança estrutural e conformidade regulatória exigida pelo Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO). O presente estudo teve como objetivo desenvolver a metodologia MIREJ-IN®, um framework multidimensional voltado para avaliação, adaptação e adequação regulatória de jogos educativos físicos, incluindo jogos de tabuleiro e baralhos educativos. Trata-se de uma pesquisa metodológica, exploratória, descritiva e tecnológica fundamentada nos referenciais da Design Science Research, ergonomia cognitiva, design universal, gamificação, engenharia de conformidade e avaliação multicritério. A metodologia foi estruturada em oito fases integradas: concepção educacional, mapeamento regulatório, engenharia de segurança lúdica, avaliação educacional, acessibilidade e inclusão, avaliação regulatória baseada no INMETRO, escore global de adequação, adaptação do protótipo e pré-certificação. Também foram desenvolvidos instrumentos próprios de avaliação pedagógica, ergonômica, inclusiva e regulatória, incluindo o Índice Global de Adequação Regulatória Educacional (IGARE). Os resultados demonstraram que a metodologia permite integração entre segurança, aprendizagem, experiência lúdica e conformidade

¹ E-mail: andreaufregadolli@gmail.com

² E-mail: lusia.bezerra@gmail.com

³ E-mail: fabioluizf@ceca.ufal.br

normativa, possibilitando criação de protocolos aplicáveis ao desenvolvimento de jogos educativos físicos alinhados às exigências regulatórias nacionais e internacionais. Conclui-se que a metodologia MIREJ-IN® apresenta potencial relevante como framework inovador para pesquisa, desenvolvimento tecnológico, acessibilidade e adequação regulatória de jogos educativos físicos.

Palavras-chave: Jogos educativos; INMETRO; Gamificação; Tecnologia educacional; Segurança de brinquedos; Design Science Research.

INTRODUÇÃO

As transformações tecnológicas e pedagógicas ocorridas nas últimas décadas impulsionaram mudanças significativas nos processos de ensino-aprendizagem, ampliando o uso de metodologias ativas e estratégias gamificadas em diferentes níveis educacionais. Nesse contexto, os jogos educativos físicos passaram a ocupar espaço relevante como ferramentas de mediação pedagógica, aprendizagem significativa, desenvolvimento cognitivo e estímulo ao engajamento discente (Martin; Bolliger, 2018).

A gamificação educacional vem sendo apontada como estratégia capaz de fortalecer motivação, participação ativa e permanência dos estudantes nas atividades de aprendizagem, especialmente quando associada a metodologias centradas no protagonismo discente e resolução de problemas (Deterding et al., 2021).

Além disso, estudos recentes demonstram que jogos educativos favorecem desenvolvimento de habilidades cognitivas, pensamento crítico, aprendizagem colaborativa e retenção do conhecimento

quando associados às metodologias ativas (Hodges et al., 2020).

Paralelamente, observa-se crescimento expressivo do mercado de jogos educativos físicos, incluindo jogos de tabuleiro, cartas educativas e tecnologias lúdicas aplicadas à educação em saúde, educação infantil, treinamento corporativo e desenvolvimento terapêutico. A utilização dessas tecnologias vem ampliando possibilidades de interação pedagógica, experiências imersivas e fortalecimento da aprendizagem significativa em diferentes contextos educacionais (Viberg; Hatta; Mavroudi, 2022).

Entretanto, apesar da expansão dessas tecnologias educacionais, muitos jogos educativos ainda são desenvolvidos exclusivamente sob perspectiva pedagógica, sem integração adequada entre segurança estrutural, acessibilidade, ergonomia e conformidade regulatória. A ausência de metodologias integradas pode comprometer não apenas qualidade pedagógica, mas também segurança física dos usuários, especialmente quando os jogos são destinados ao público infantil.

No Brasil, brinquedos e produtos

destinados ao público infantil devem atender aos requisitos estabelecidos pelo Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO), especialmente aqueles relacionados à segurança física, toxicidade, inflamabilidade e rotulagem previstos na Portaria INMETRO nº 302/2021 e na ABNT NBR NM 300 (Brasil, 2021).

Além disso, normas internacionais como a ISO 8124 estabelecem diretrizes relacionadas às propriedades mecânicas, físicas e químicas dos brinquedos, incluindo critérios de segurança estrutural e prevenção de acidentes associados à utilização inadequada dos materiais (ISO, 2022).

Outro aspecto relevante refere-se à necessidade de acessibilidade e inclusão em tecnologias educacionais físicas. Jogos educativos contemporâneos devem considerar diferentes perfis cognitivos, sensoriais e motores, incluindo usuários neurodivergentes, pessoas com baixa visão, daltonismo e dificuldades comunicacionais. Nesse cenário, o design universal e a ergonomia cognitiva tornam-se elementos fundamentais para democratização da aprendizagem e redução de barreiras educacionais (ISO, 2019).

Além disso, estudos recentes alertam que aplicações inadequadas da gamificação podem produzir efeitos negativos relacionados à motivação, competitividade excessiva e sobrecarga cognitiva, demonstrando necessidade de desenvolvimento metodológico mais criterioso e multidimensional (Deterding et al., 2021).

Apesar da relevância científica, tecnológica e regulatória desse cenário, ainda são escassos frameworks metodológicos capazes de integrar simultaneamente avaliação pedagógica, engenharia de conformidade, acessibilidade, experiência lúdica e adequação normativa para certificação de jogos educativos físicos.

Dessa forma, o presente estudo teve como objetivo desenvolver a metodologia MIREJ-IN®, um framework metodológico multidimensional voltado para avaliação, adaptação e adequação regulatória de jogos educativos físicos visando certificação INMETRO.

METODOLOGIA

A presente pesquisa caracteriza-se como estudo metodológico, exploratório, descritivo e tecnológico, fundamentado nos referenciais da Design Science Research (DSR), engenharia de conformidade, ergonomia cognitiva, acessibilidade universal, design instrucional e gamificação educacional.

A construção da metodologia MIREJ-IN® foi desenvolvida em etapas integradas envolvendo:

- revisão integrativa da literatura;
- levantamento normativo;
- análise documental;
- desenvolvimento iterativo dos instrumentos metodológicos;
- modelagem multicritério;
- construção do framework regulatório.

Foram analisados referenciais relacionados à:

- segurança de brinquedos;
- jogos educativos físicos;
- gamificação;
- metodologias ativas;
- design universal;
- ergonomia cognitiva;
- acessibilidade;
- experiência do usuário;
- conformidade regulatória;
- tecnologias educacionais.

A metodologia foi estruturada com base em documentos regulatórios e normativos nacionais e internacionais:

- Portaria INMETRO nº 302/2021;
- ABNT NBR NM 300;
- ISO 8124;
- ISO 9241-210;
- princípios do Design Universal para Aprendizagem;
- Código de Defesa do Consumidor;
- Estatuto da Criança e do Adolescente.

A estrutura metodológica foi organizada em oito fases integradas:

1. Concepção educacional;
2. Mapeamento regulatório;
3. Engenharia de segurança lúdica;
4. Avaliação educacional;
5. Acessibilidade e inclusão;

6. Avaliação regulatória baseada no INMETRO;

7. Escore global de adequação;

8. Adaptação do protótipo e pré-certificação.

A validação futura da metodologia prevê aplicação da técnica Delphi com especialistas, cálculo do Índice de Validade de Conteúdo (IVC), Alfa de Cronbach e coeficiente Kappa.

RESULTADOS

Estrutura multidimensional da metodologia MIREJ-IN®

A metodologia MIREJ-IN® foi estruturada para integrar simultaneamente segurança regulatória, efetividade pedagógica, experiência lúdica, acessibilidade e engenharia de conformidade.

Durante a construção metodológica observou-se que a maioria dos jogos educativos disponíveis no mercado prioriza aspectos pedagógicos e visuais, sem contemplar critérios regulatórios e ergonômicos necessários para certificação e segurança do usuário. Nesse contexto, a metodologia foi organizada em cinco pilares centrais (Quadro 1).

Quadro 1 – Pilares centrais da metodologia MIREJ-IN®.

Pilar	Objetivo
Segurança regulatória	Adequação às normas técnicas
Efetividade educacional	Avaliação da aprendizagem
Experiência lúdica	Engajamento e usabilidade
Inclusão e acessibilidade	Redução de barreiras
Engenharia de conformidade	Segurança estrutural

Fonte: Autores, 2026.

Fundamentação científica e desenvolvimento dos instrumentos metodológicos

Foram desenvolvidos instrumentos metodológicos específicos para operacionalização da metodologia MIREJ-IN®, contemplando avaliação pedagógica, estética, semântica, ergonômica, inclusiva e regulatória dos jogos educativos físicos.

A construção dos instrumentos foi fundamentada em referenciais científicos relacionados à validação de tecnologias educacionais, ergonomia cognitiva,

experiência do usuário, acessibilidade, design universal e engenharia regulatória.

1º Instrumento: IVCE-JE — Índice de Validade de Conteúdo Educacional

O IVCE-JE foi estruturado para mensurar validade pedagógica, coerência instrucional e efetividade educacional dos jogos educativos físicos. Segue, abaixo, o fluxograma (Figura 1) do IVCE-JE .

Figura 1 – Fluxograma do Índice de Validade de Conteúdo Educacional (IVCE-JE).

Fonte: Autores, 2026.

Sua fundamentação parte dos estudos de validade de conteúdo, nos quais especialistas avaliam relevância, clareza e representatividade dos itens de um instrumento (Polit; Beck; Owen, 2007).

No contexto da MIREJ-IN®, o IVCE-JE adapta esse princípio para jogos educativos físicos, avaliando se:

- o conteúdo científico está correto;
- os objetivos educacionais são claros;

- as regras favorecem aprendizagem ativa;
- a mecânica do jogo contribui para retenção do conhecimento.

O instrumento também foi fundamentado nos referenciais da aprendizagem significativa e metodologias ativas. Segue, no Quadro 2, as dimensões avaliadas.

Quadro 2– Dimensões avaliadas.

Dimensão	Critério
Objetivos pedagógicos	Clareza dos objetivos
Conteúdo científico	Correção conceitual
Compatibilidade etária	Adequação ao público
Aprendizagem significativa	Potencial educativo
Interatividade	Participação ativa
Estímulo cognitivo	Desenvolvimento do raciocínio
Aplicabilidade	Relação teoria-prática

Fonte: Autores, 2026.

Construto central: validade educacional do jogo.

Base científica: validade de conteúdo, aprendizagem significativa e metodologias ativas.

Escore sugerido: I-CVI e S-CVI $\geq 0,80$.

2º Instrumento: IVEA-JE — Índice de Validade Estética e Atratividade

O IVEA-JE foi desenvolvido com base nos princípios da ergonomia visual, design instrucional e design centrado no usuário. Segue, abaixo, o fluxograma do IVEA-JE.

Figura 2 – Fluxograma do Índice de Validade Estética e Atratividade (IVEA-JE).

Sua estrutura foi fundamentada nos princípios descritos pela ISO 9241-210, especialmente aqueles relacionados à clareza visual, legibilidade, organização cognitiva e experiência do usuário (ISO, 2019).

A literatura demonstra que elementos visuais inadequados aumentam sobrecarga

cognitiva e comprometem compreensão e engajamento em tecnologias educacionais (Almaiah; Al-Khasawneh; Althunibat, 2020).

O instrumento avalia estética funcional, e não apenas aparência gráfica. Segue, no Quadro 3, as dimensões avaliadas.

Quadro 3– Dimensões avaliadas.

Dimensão	Critério
Organização visual	Distribuição dos elementos
Legibilidade	Clareza textual
Contraste visual	Facilidade de leitura
Harmonia gráfica	Coerência estética
Atratividade	Engajamento visual
Ergonomia visual	Redução da fadiga ocular

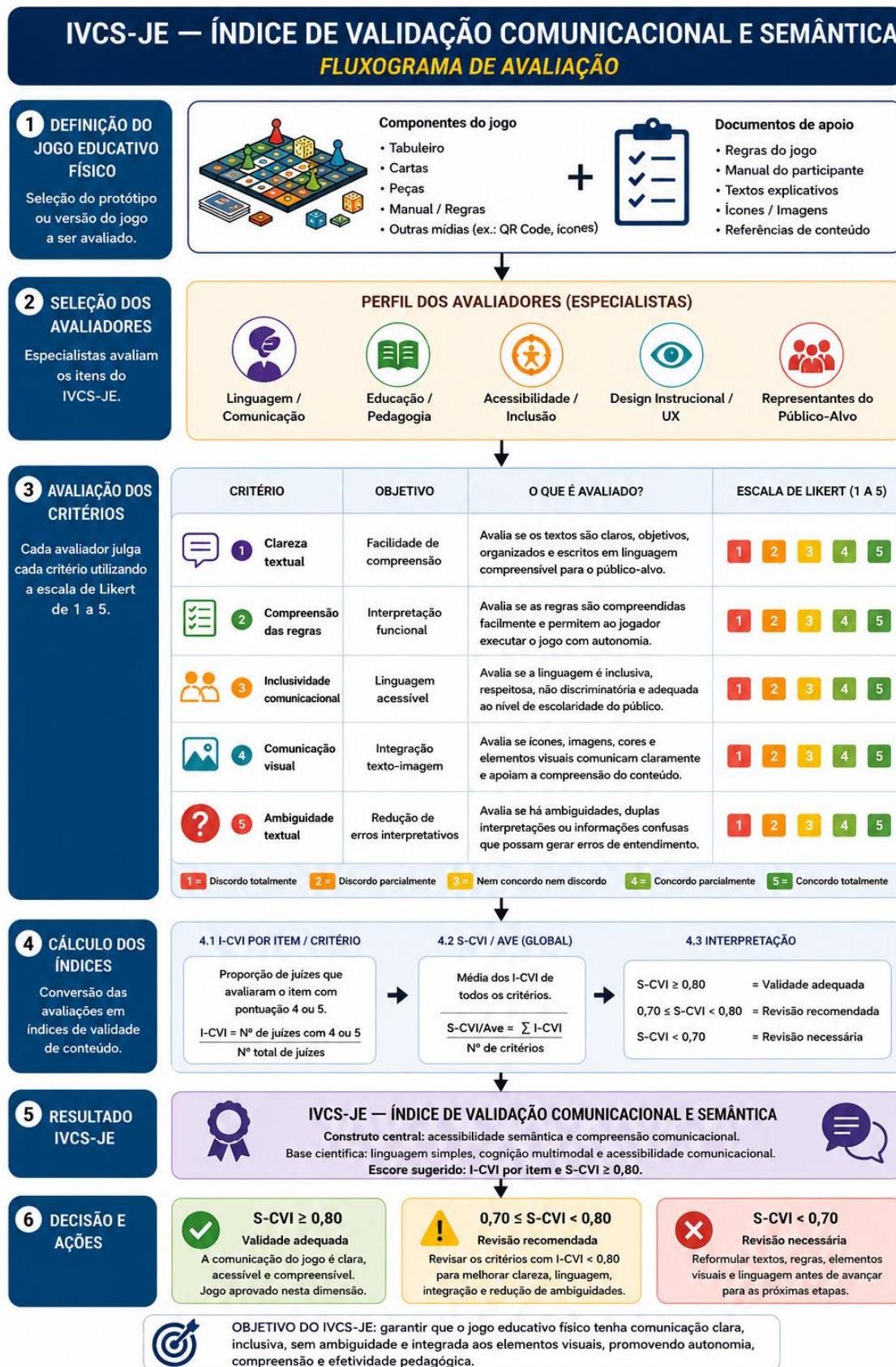
Fonte: Autores, 2026.

Construto central: qualidade estética-funcional e ergonomia visual.

Base científica: ISO 9241-210, ergonomia cognitiva e UX Design.

3º Instrumento: IVCS-JE — Índice de Validação Comunicacional e Semântica

O IVCS-JE foi fundamentado nos referenciais da linguagem simples, acessibilidade comunicacional e semântica cognitiva. Segue, abaixo, o fluxograma (Figura 3) do IVCS-JE.

Figura 3 – Índice de Validação Comunicacional e Semântica (IVCS-JE).

Fonte: Autores, 2026.

Sua construção considerou:

- clareza textual;
- compreensão das regras;
- interpretação semântica;
- comunicação visual;
- integração texto-imagem;
- redução de ambiguidades.

A literatura demonstra que barreiras comunicacionais comprometem autonomia do usuário e efetividade pedagógica das tecnologias educacionais (Martin; Bolliger, 2018).

Segue, no Quadro 4, os critérios avaliados.

Quadro 4– Critérios avaliados.

Critério	Objetivo
Clareza textual	Facilidade de compreensão
Compreensão das regras	Interpretação funcional
Inclusividade comunicacional	Linguagem acessível
Comunicação visual	Integração texto-imagem
Ambiguidade textual	Redução de erros interpretativos

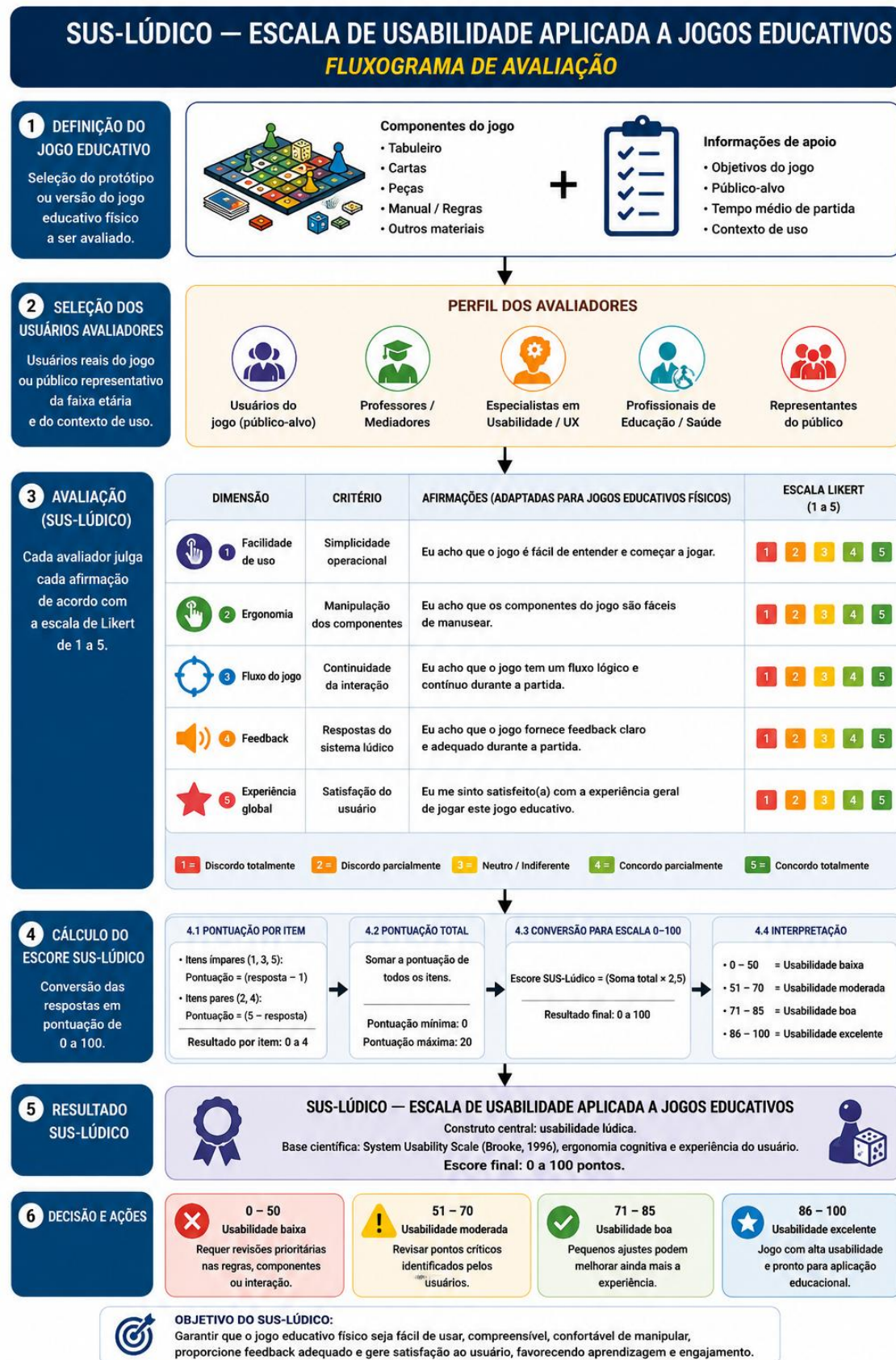
Fonte: Autores, 2026.

Construto central: acessibilidade semântica e compreensão comunicacional.

Base científica: linguagem simples, cognição multimodal e acessibilidade comunicacional.

4º Instrumento: SUS-LÚDICO — Escala de Usabilidade Aplicada a Jogos Educativos

O SUS-LÚDICO foi adaptado da System Usability Scale (SUS), proposta originalmente por Brooke (1996), amplamente utilizada para avaliação de usabilidade em sistemas interativos. Segue, abaixo, o fluxograma (Figura 4) da escala SUS-LÚDICO.

Figura 4 – Fluxograma da Escala de Usabilidade Aplicada a Jogos Educativos (SUS-LÚDICO).

Fonte: Autores, 2026.

A adaptação do instrumento para jogos educativos físicos foi fundamentada nos referenciais da experiência do usuário, ergonomia cognitiva e interação humano-produto.

A literatura demonstra que a usabilidade influencia diretamente motivação, aprendizagem e satisfação do usuário em tecnologias educacionais (ISO, 2019).

Segue, no Quadro 5, as dimensões avaliadas.

Quadro 5– Dimensões avaliadas.

Dimensão	Critério
Facilidade de uso	Simplicidade operacional
Ergonomia	Manipulação dos componentes
Fluxo do jogo	Continuidade da interação
Feedback	Respostas do sistema lúdico
Experiência global	Satisfação do usuário

Fonte: Autores, 2026.

Construto central: usabilidade lúdica.

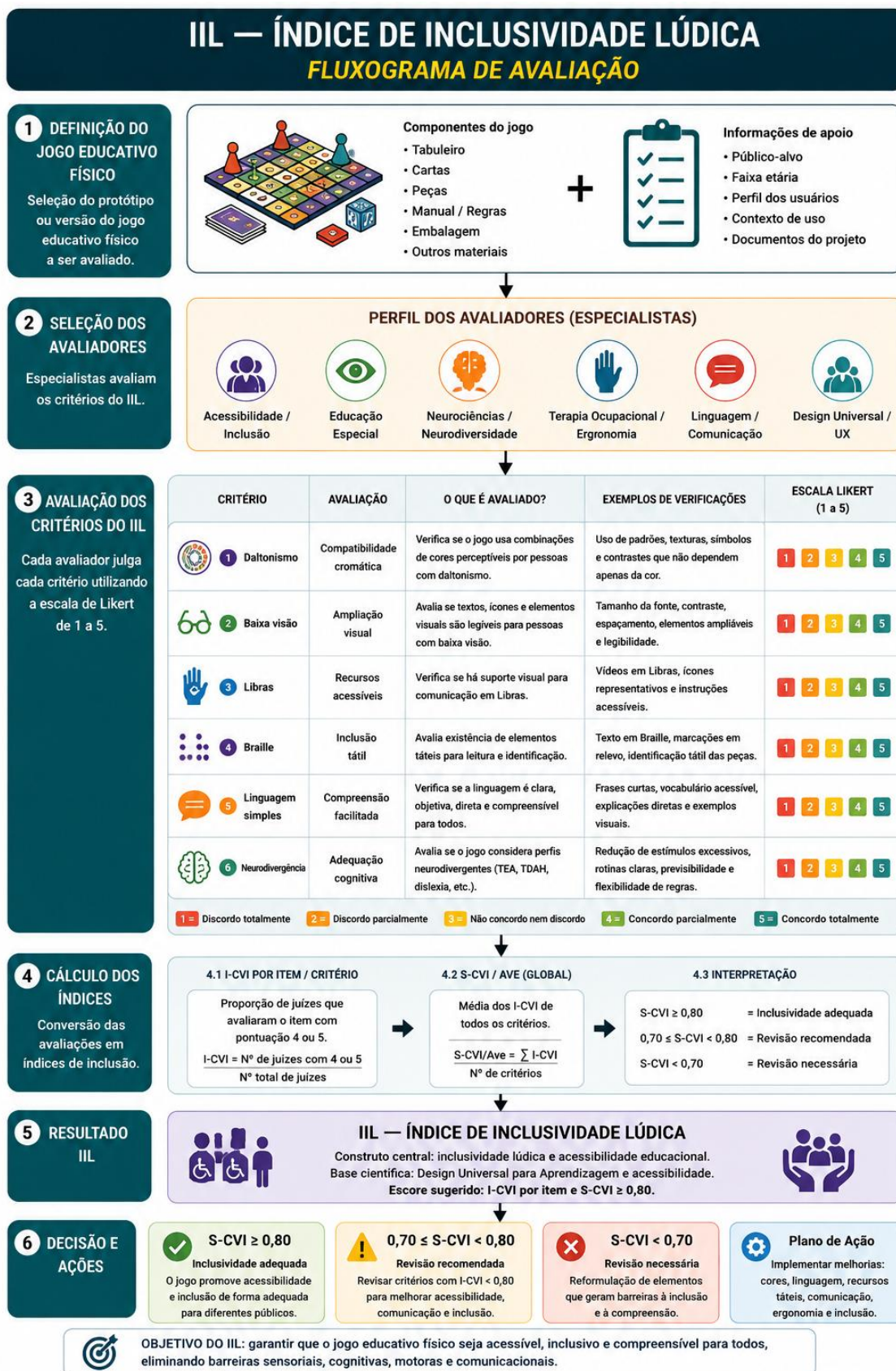
Base científica: System Usability Scale, ergonomia cognitiva e experiência do usuário.

Escala: 0–100.

5º Instrumento: IIL — Índice de Inclusividade Lúdica

O IIL foi fundamentado nos princípios do Design Universal para Aprendizagem, acessibilidade educacional e inclusão cognitiva. Segue, abaixo, o fluxograma do Índice de Inclusividade Lúdica (IIL).

Figura 5 – Índice de Inclusividade Lúdica (IIL).



Sua construção considerou recomendações internacionais relacionadas à eliminação de barreiras:

- sensoriais;
- cognitivas;
- motoras;
- comunicacionais.

O instrumento avalia:

- acessibilidade visual;

- daltonismo;
- neurodivergência;
- linguagem acessível;
- inclusão tátil;
- ergonomia motora.

Segue, no Quadro 6, os critérios avaliados.

Quadro 6– Critérios avaliados.

Critério	Avaliação
Daltonismo	Compatibilidade cromática
Baixa visão	Ampliação visual
Libras	Recursos acessíveis
Braille	Inclusão tátil
Linguagem simples	Compreensão facilitada
Neurodivergência	Adequação cognitiva

Fonte: Autores, 2026.

Construto central: inclusividade lúdica e acessibilidade educacional.

Base científica: Design Universal para Aprendizagem e acessibilidade.

6º Instrumento: Avaliação regulatória baseada nas normas do INMETRO

A metodologia MIREJ-IN® incorporou etapa específica de avaliação regulatória

fundamentada na:

- Portaria INMETRO nº 302/2021;
- ABNT NBR NM 300;
- ISO 8124.

Essa etapa operacionaliza análise de conformidade dos jogos educativos físicos ainda durante a prototipagem.

A avaliação regulatória foi organizada em cinco eixos (Quadro 7).

Quadro 7– Avaliação regulatória.

Eixo regulatório	Objetivo
Segurança mecânica	Identificação de riscos físicos
Segurança química	Avaliação de materiais
Inflamabilidade	Risco de combustão
Rotulagem	Adequação informacional
Compatibilidade etária	Segurança por faixa etária

Fonte: Autores, 2026.

Checklist Regulatório MIREJ-IN®

O Checklist Regulatório MIREJ-IN® foi desenvolvido para traduzir requisitos normativos em critérios operacionais de pré-avaliação regulatória.

Critérios avaliados

Segurança física

- peças pequenas;
- risco de ingestão;
- bordas cortantes;
- resistência estrutural;
- estabilidade.

Segurança química

- tintas atóxicas;
- ausência de metais pesados;
- segurança dos polímeros.

Rotulagem

- indicação etária;
- advertências obrigatórias;
- identificação do fabricante.

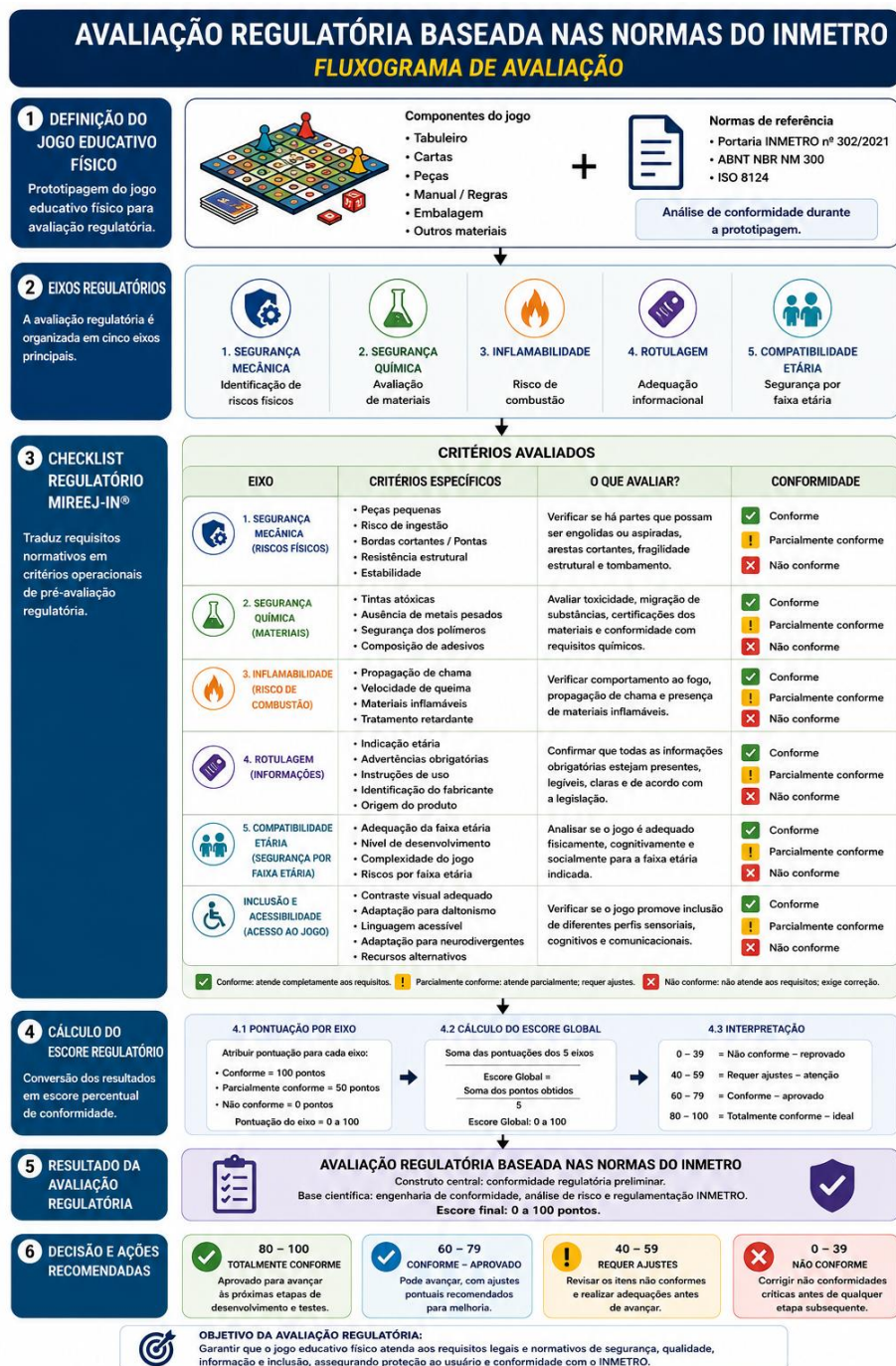
Inclusão e acessibilidade

- contraste visual;
- adaptação para daltonismo;
- linguagem acessível;
- adaptação neurodivergente.

Construto central: conformidade regulatória preliminar.

Base científica: engenharia de conformidade, análise de risco e regulamentação INMETRO.

Segue, abaixo, o fluxograma (Figura 6) da Avaliação regulatória baseada nas normas do INMETRO.

Figura 6 – Avaliação regulatória baseada nas normas do INMETRO.

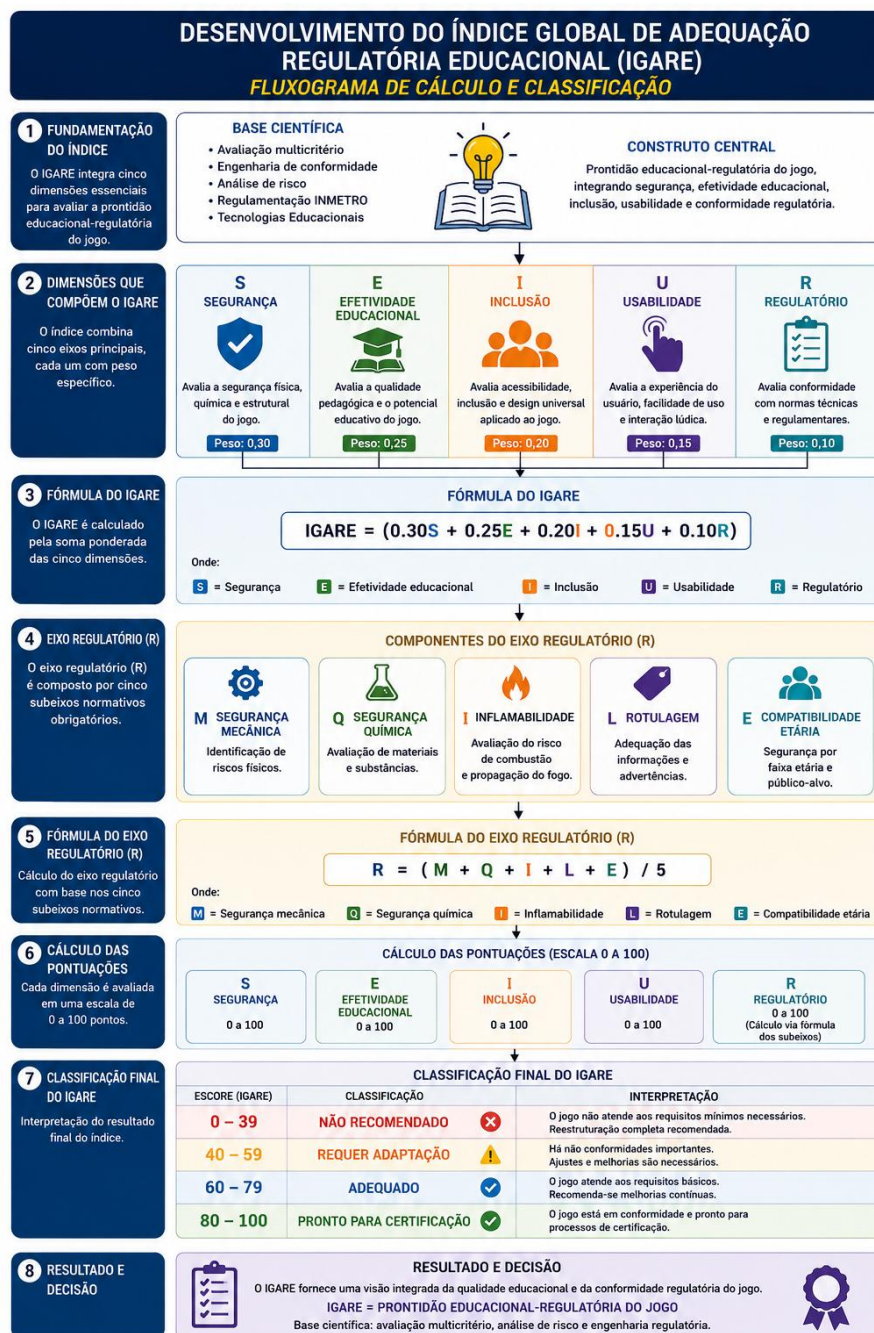
Fonte: Autores, 2026.

7º Instrumento: Desenvolvimento do Índice Global de Adequação Regulatória Educacional

O IGARE foi fundamentado na avaliação multicritério e engenharia de

conformidade aplicada às tecnologias (Figura 7) do índice IGARE. educacionais. Segue, abaixo, o fluxograma

Figura 7 – Índice IGARE.



Fonte: Autores, 2026.

O índice integra simultaneamente:

- segurança;
- efetividade educacional;
- inclusão;

- usabilidade;

- conformidade regulatória.

$$IGARE = (0.30S + 0.25E + 0.20I + 0.15U + 0.10R)$$

Onde:

- S = Segurança;
- E = Efetividade educacional;
- I = Inclusão;
- U = Usabilidade;
- R = Regulatório.

O eixo regulatório considera:

$$R = (M + Q + I + L + E)$$

Onde:

- M = Segurança mecânica;
- Q = Segurança química;
- I = Inflamabilidade;
- L = Rotulagem;
- E = Compatibilidade etária.

Segue, no Quadro 8, a classificação final do IGARE.

Quadro 8 – Classificação final do IGARE.

Escore	Classificação
0–39	Não recomendado
40–59	Requer adaptação
60–79	Adequado
80–100	Pronto para certificação

Fonte: Autores, 2026.

Construto central: prontidão educacional-regulatória do jogo.

Base científica: avaliação multicritério, análise de risco e engenharia regulatória.

DISCUSSÃO

Os resultados demonstraram que a metodologia MIREJ-IN® apresenta potencial relevante para integração entre avaliação pedagógica, segurança estrutural, acessibilidade e conformidade regulatória aplicada aos jogos educativos físicos.

A incorporação da avaliação regulatória baseada nos requisitos do INMETRO representa um dos principais diferenciais da metodologia, permitindo identificação precoce de não conformidades relacionadas à segurança física, toxicidade,

rotulagem e compatibilidade etária.

Além disso, a tradução operacional das normas técnicas em instrumentos estruturados de avaliação favorece padronização metodológica e maior reprodutibilidade científica.

A incorporação dos princípios descritos na ISO 8124 fortalece robustez metodológica relacionada à prevenção de riscos físicos e estruturais associados aos brinquedos destinados ao público infantil (ISO, 2022).

No eixo pedagógico, a metodologia apresenta alinhamento com estudos contemporâneos relacionados à gamificação e metodologias ativas. Pesquisas demonstram que jogos educativos favorecem motivação, participação ativa e fortalecimento da aprendizagem significativa quando

adequadamente estruturados (Deterding et al., 2021).

Outro aspecto relevante refere-se à inclusão de critérios relacionados à acessibilidade e desenho universal. Tecnologias educacionais contemporâneas devem contemplar diferentes perfis sensoriais, cognitivos e motores, favorecendo democratização da aprendizagem (Martin; Bolliger, 2018).

Entretanto, a metodologia ainda necessita de validação experimental com especialistas e aplicação prática em protótipos reais de jogos educativos físicos.

CONCLUSÃO

A metodologia MIREJ-IN® apresentou potencial significativo como framework multidimensional voltado para avaliação, adaptação e adequação regulatória de jogos educativos físicos.

A integração entre segurança, aprendizagem, acessibilidade, experiência lúdica e conformidade normativa representa avanço metodológico relevante para área de tecnologias educacionais físicas.

Os instrumentos desenvolvidos, os protocolos regulatórios e o Índice Global de Adequação Regulatória Educacional (IGARE) possibilitam construção de avaliações estruturadas, quantitativas e alinhadas às exigências regulatórias nacionais e internacionais.

Conclui-se que a metodologia MIREJ-IN® apresenta potencial para aplicação científica, tecnológica e regulatória, podendo contribuir para fortalecimento da segurança, inclusão, acessibilidade e qualidade pedagógica de jogos educativos físicos submetidos à certificação INMETRO.

REFERÊNCIAS

ALMAIAH, M. A.; AL-KHASAWNEH, A.; ALTHUNIBAT, A. Exploring the critical challenges and factors influencing the e-learning system usage during COVID-19 pandemic. *Education and Information Technologies*, v. 25, p. 5261–5280, 2020.

BRASIL. Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia. Portaria INMETRO nº 302, de 12 de julho de 2021. Aprova os Requisitos de Avaliação da Conformidade para Brinquedos. Brasília: INMETRO, 2021.

BROOKE, J. SUS: a “quick and dirty” usability scale. In: JORDAN, P. W. et al. *Usability evaluation in industry*. London: Taylor & Francis, 1996.

DETERDING, S. et al. Gamification: using game-design elements in non-gaming contexts. *CHI Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems*, 2021.

HODGES, C. et al. The difference between emergency remote teaching and online

learning. *Educause Review*, 2020.

ISO. ISO 8124: Safety of toys. Geneva: International Organization for Standardization, 2022.

ISO. ISO 9241-210:2019 – Ergonomics of human-system interaction – Part 210: Human-centred design for interactive systems. Geneva: International Organization for Standardization, 2019.

MARTIN, F.; BOLLIGER, D. U. Engagement matters: student perceptions on the importance of engagement strategies in the online learning

environment. *Online Learning Journal*, v. 22, n. 1, p. 205-222, 2018.

POLIT, D. F.; BECK, C. T.; OWEN, S. V. Is the CVI an acceptable indicator of content validity? Appraisal and recommendations. *Research in Nursing & Health*, v. 30, n. 4, p. 459-467, 2007.

VIBERG, O.; HATTA, P.; MAVROUDI, A. The current landscape of learning analytics in higher education. *Computers in Human Behavior Reports*, v. 4, 2022.