

EduIoT – Plataforma de Internet das Coisas para Inclusão e Engajamento em Salas de Aula

Diego Fabrizio Paiva Queiroz¹, Rodrigo Luiz Chaves de Campos¹, Raphael Rodrigues Gonçalves¹, Hana Karina Salles Rubinsztejn¹

¹Faculdade de Computação (FACOM), Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS) – Campo Grande, MS, Brasil

E-mails: diego.paiva@ufms.br; rodrigo.luiz.campos@ufms.br; raphael.r@ufms.br; hana.rubinsztejn@ufms.br

Resumo: EduIoT é uma plataforma IoT de baixo custo para monitorar condições ambientais em sala (ruído, luminosidade, temperatura/umidade e ocupação) e apoiar práticas pedagógicas inclusivas e atividades de pensamento computacional. O sistema usa ESP32, mensageria MQTT e dashboard local, com diretrizes de privacidade (LGPD) e piloto planejado para escolas públicas.

Palavras-chave: Internet das Coisas; educação inclusiva; engajamento escolar; pensamento computacional; salas inteligentes.

INTRODUÇÃO

Plataformas de Internet das Coisas (IoT) têm sido apontadas como vetores de transformação digital ao integrar sensores, conectividade e análise de dados para apoiar decisões em contextos reais. Em ambientes escolares, essa integração pode contribuir para reduzir desigualdades e promover participação ativa ao fornecer evidências sobre condições que afetam o conforto e a atenção em sala (Weiser, 1991; Almeida; Ferreira, 2022).

No Brasil, diretrizes recentes reforçam esse movimento: a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) inclui cultura digital como competência geral, e a Política Nacional de Educação Digital (PNED) e as Diretrizes para o Ensino de Computação incentivam a inclusão de pensamento computacional e análise de dados na Educação Básica. Entretanto, persistem desafios de engajamento, acessibilidade e inclusão, especialmente para estudantes com perfis sensoriais distintos, como no Transtorno do Espectro Autista (TEA), em que ruído e iluminação podem impactar regulação e participação (Brasil, 2018a; Brasil, 2022; Brasil, 2023) (American Psychiatric Association, 2013; Tomchek; Dunn, 2007).

Nesse contexto, este trabalho apresenta o EduIoT, uma plataforma baseada em sensores ambientais para monitorar luminosidade, ruído, temperatura/umidade e ocupação em salas de aula, oferecendo alertas e dashboards para apoiar intervenções pedagógicas e atividades didáticas orientadas a dados. A solução foi projetada com foco em baixo custo, tecnologias abertas e privacidade por projeto (LGPD), evitando coleta de dados pessoais e priorizando agregação (Brasil, 2018b).

Importante: o EduIoT ainda não foi aplicado em campo. A aplicação está prevista para 2026 em escola pública estadual de Campo Grande-MS, com possibilidade de expansão para outras escolas, conforme resultados e parcerias institucionais. Neste artigo, descrevemos a arquitetura proposta, requisitos, contrato de dados e um protocolo de avaliação para o piloto.

Como contribuições, destacam-se: (i) uma arquitetura IoT educacional modular e replicável; (ii) um conjunto de requisitos e contrato mínimo de telemetria; (iii) um plano de implantação e avaliação orientado a indicadores pedagógicos e operacionais; e (iv) diretrizes práticas de privacidade e governança para uso escolar.

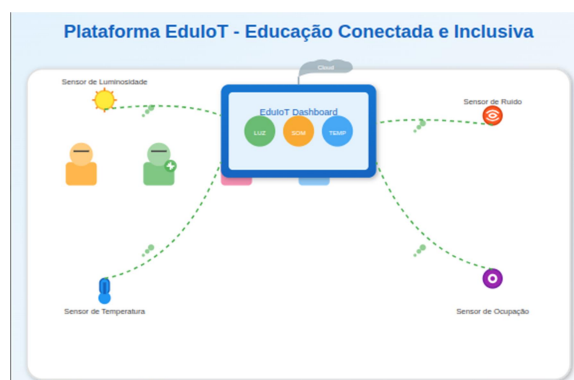


Figura 1. Visão geral da plataforma EduIoT e sensores monitorados em sala de aula.

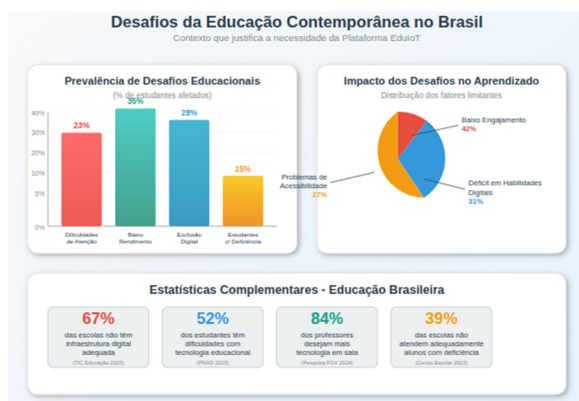


Figura 2. Desafios educacionais que motivam a adoção de soluções IoT em sala de aula.

Fundamentação e trabalhos correlatos

A proposta do EduIoT dialoga com a computação ubíqua e pervasiva, na qual dispositivos são incorporados ao ambiente para oferecer serviços contextuais com mínima fricção ao usuário. Em escolas, essa visão pode se materializar como salas sensíveis ao contexto, em que dados ambientais subsidiam ações simples (redução de ruído, reorganização de iluminação e definição de rotinas) e também atividades pedagógicas baseadas em evidências.

Do ponto de vista pedagógico, tecnologias digitais podem atuar como mediadoras para aprendizagem ativa quando integradas ao planejamento didático e não apenas como instrumentos expositivos. Dados coletados em sala permitem que estudantes formulem hipóteses, construam visualizações, comparem períodos e discutam limitações — práticas alinhadas à cultura digital e ao pensamento computacional (Moran, 2013).

Em educação inclusiva, a regulação de estímulos ambientais é particularmente relevante para estudantes com TEA e outros perfis sensoriais. A literatura descreve que ruídos persistentes e iluminação inadequada podem aumentar estresse e reduzir foco; assim, intervenções de baixo custo apoiadas por monitoramento contínuo podem contribuir para ambientes mais previsíveis e acolhedores.

Na engenharia de software para IoT, requisitos não funcionais (confiabilidade, manutenção, custo, segurança e privacidade) são determinantes para adoção em contextos públicos. Por isso, o EduIoT prioriza desenho modular, operação local quando necessário e governança de dados coerente com LGPD (Pressman; Maxim, 2021).

Contexto normativo e alinhamento educacional

A adoção de tecnologias digitais na escola envolve requisitos associados a currículo, acessibilidade e proteção de dados. O EduIoT foi planejado como

ferramenta de apoio pedagógico e como base para projetos interdisciplinares orientados a dados.

Do ponto de vista curricular, séries temporais de ruído, luminosidade e ocupação podem compor atividades de matemática, ciências e computação, em que estudantes analisam padrões, identificam outliers e discutam intervenções. No eixo de inclusão, a proposta busca oferecer informações objetivas que auxiliem o professor a ajustar o ambiente sem expor individualmente estudantes.

Quanto à LGPD, o desenho evita dados pessoais: sensores capturam grandezas físicas e, quando há ocupação, a leitura é agregada (por exemplo, contagem aproximada) sem identificação. A governança prevê níveis de acesso e exportação controlada para relatórios institucionais. No caso de ruído, o nó computa apenas o nível de pressão sonora (dB) localmente e não grava nem transmite áudio bruto; quaisquer amostras são descartadas imediatamente após o cálculo.

Além das salvaguardas de privacidade, por envolver ambiente escolar e potencial participação de estudantes, a aplicação do EduIoT será previamente submetida ao Comitê de Ética em Pesquisa, via Plataforma Brasil, com termos de consentimento/assentimento conforme aplicável e autorização institucional antes do piloto.

Objetivos

O objetivo geral deste trabalho é desenvolver e descrever uma plataforma IoT de baixo custo voltada à inclusão, ao engajamento e ao desenvolvimento do pensamento computacional em ambientes educacionais.

Como objetivos específicos, pretende-se: (i) projetar um protótipo com ESP32 e sensores ambientais; (ii) publicar dados em tempo quase real e disponibilizar dashboards/alertas para apoiar decisões pedagógicas; (iii) conduzir um piloto em escola pública em 2026, avaliando percepção docente e indicadores ambientais; e (iv) garantir conformidade com diretrizes de inclusão e privacidade (LGPD) e alinhamento à BNCC/PNE.

Tabela 1. Diretrizes legais/curriculares consideradas no projeto e aplicações na plataforma.

Diretriz / Referência	Aplicação no EduIoT (como atendemos)
LGPD (Lei 13.709/2018)	Minimização de dados (telemetria ambiental); governança de acesso; logs; anonimização por sala; consentimento institucional; revisão ética.
Educação Digital / Pensamento Computacional	Uso dos dados como insumo didático: coleta, visualização, interpretação e discussão de hipóteses em atividades de ciência de dados.
Inclusão e Acessibilidade	Indicadores voltados a conforto ambiental e previsibilidade; foco em redução de barreiras (ruído/luz) e apoio a estratégias de sala.
Boas práticas de segurança	Operação local/self-hosted quando necessário; credenciais por perfil; transporte criptografado quando disponível; atualização e hardening do nó.

MATERIAL E MÉTODOS

O desenvolvimento do EduIoT adota abordagem aplicada e incremental, com foco em baixo custo e replicação em escolas públicas. A solução é modelada a partir de requisitos (funcionais e não funcionais), definição de hardware/sensores, arquitetura de comunicação e contrato de telemetria. Como o piloto ainda será realizado, esta seção descreve o desenho técnico e o plano de implantação e avaliação previstos, de modo que a comunidade possa reproduzir e adaptar a solução.

Requisitos do sistema.

As Tabelas 2 e 3 sintetizam requisitos não funcionais e funcionais.

Tabela 2. Requisitos não funcionais da solução.

Código	Requisito não funcional	Como será atendido / verificado
RNF1	Baixo custo por sala	Uso de ESP32 e sensores amplamente disponíveis; BOM estimado e alternativas equivalentes.
RNF2	Privacidade por projeto (LGPD)	Sem imagem/áudio; dados agregados por sala; controle de acesso; retenção limitada; termo institucional; submissão ao CEP/Plataforma Brasil.
RNF3	Operação em rede instável	Buffer local e reenvio; tolerância a falhas; sincronização quando a rede retornar.

Código	Requisito não funcional	Como será atendido / verificado
RNF4	Baixa manutenção	Calibração e checklist periódico; módulos substituíveis; documentação para suporte pela escola.
RNF5	Latência compatível com uso escolar	Atualização em tempo quase real (segundos) para alertas; monitoramento e logs de desempenho.

Tabela 3. Requisitos funcionais da solução.

Código	Requisito funcional	Evidência / saída esperada
RF1	Coletar telemetria ambiental por sala	Séries temporais: dB, lux, temperatura, umidade e presença (opcional).
RF2	Publicar/armazenar telemetria	Mensagens MQTT + persistência em banco local/servidor; exportação CSV.
RF3	Dashboards e relatórios	Painel por sala e comparativos; relatórios semanais agregados.
RF4	Alertas configuráveis	Regras (limiares/janelas) e notificações no painel.
RF5	Suportar atividades pedagógicas	Roteiros/rúbricas; dados para exercícios de interpretação/visualização.
RF6	Auditoria e rastreabilidade	Log de eventos, mudanças de configuração e intervenções registradas.

Hardware, infraestrutura e custo.

A Tabela 4 resume componentes típicos do nó IoT por sala e infraestrutura mínima.

Tabela 4. Hardware e infraestrutura da solução.

Item	Especificação (exemplo)	Custo estimado (R\$)
Microcontrolador	ESP32 (Wi-Fi) + alimentação	35–60
Temperatura/Umidade	DHT22/SHTxx (dependendo de disponibilidade)	25–80
Luminosidade	BH1750 ou equivalente	15–40
Ruído	Sensor de nível sonoro (dB) ou microfone com processamento local	30–120
Presença (opcional)	PIR (somente presença/ausência)	10–30
Infraestrutura	AP/roteador + servidor leve (Raspberry/PC)	variável

A Tabela 5 descreve etapas recomendadas.

Tabela 5. Plano de implantação recomendado para adoção do EduIoT em escolas.

Fase	Objetivo	Entregáveis	Duração (sem.)
1. Prep.	Alinhar escopo, ética e infraestrutura	Plano do piloto; submissão ao CEP; checklist de rede	2–4 sem.
2. Inst.	Montar nós e integrar backend	Nós instalados; broker/DB; dashboard ativo	1–2 sem.
3. Calibr.	Ajustar limiares e validar sensores	Tabela de limiares por sala; rotina de verificação	1–2 sem.
4. Exec.	Coleta contínua e uso pedagógico	Logs; relatórios; intervenções registradas	6–10 sem.
5. Aval.	Analisar impacto e lições aprendidas	Relatório técnico/pedagógico; melhorias	2–4 sem.

Arquitetura de software e protocolos.

A Tabela 6 resume protocolos e papéis na plataforma.

Tabela 6. Protocolos utilizados na solução.

Protocolo	Uso no EduIoT	Observações
Wi-Fi	Conectividade do nó e acesso ao painel	Rede escolar ou rede local dedicada para o piloto
MQTT	Transporte leve de telemetria e eventos	Tópicos por sala; QoS conforme necessidade; autenticação
HTTP/REST	Consulta e exportação de dados	Endpoints para relatórios e integração
WebSocket	Atualização em tempo quase real do dashboard	Reduz polling e melhora responsividade

Contrato de dados (telemetria).

A Tabela 7 apresenta o contrato mínimo de telemetria.

Tabela 7. Contrato mínimo de telemetria sugerido para o EduIoT.

Campo	Descrição (tipo / unidade / exemplo)
msg_id	Identificador único (string/UUID)
timestamp_iso	Data/hora ISO 8601 (string)
room_id	Identificador da sala (string/int)
noise_db	Nível de ruído (float, dB; ex.: 62.5)
lux	Iluminância (float, lux; ex.: 320)
temp_c	Temperatura (float, °C; ex.: 26.3)
rh_pct	Umidade relativa (float, %; ex.: 55.0)
occupancy	Presença/ocupação (bool ou int opcional)

Campo	Descrição (tipo / unidade / exemplo)
event	Eventos (string; ex.: alert_noise_high)

Fluxo de dados e casos de uso.

A Figura 3 ilustra casos de uso típicos.

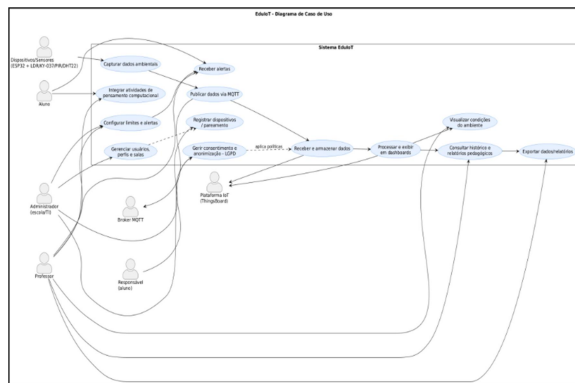


Figura 3. Diagrama de caso de uso do sistema EduIoT.

Procedimentos de avaliação (piloto planejado).

A avaliação combinará métricas operacionais, ambientais e instrumentos pedagógicos. A Tabela 8 resume o desenho previsto.

Tabela 8. Resumo do desenho do piloto (planejado).

Dimensão	Evidências / métricas	Instrumentos
Técnica	Uptime do nó; perdas; latência percebida; qualidade de dados	Logs do backend; contagem de mensagens; testes de estresse
Ambiental	Tempo em faixas de conforto; ocorrência de alertas; intervenções	Séries temporais + registro de intervenções
Pedagógica	Engajamento em atividades; compreensão de gráficos/dados	Rúbricas; questionários; artefatos produzidos
Inclusão/impacto social	Percepção de conforto; redução de ruído/luz inadequada	Escala simples; entrevistas curtas; observação docente
Ética/LGPD	Consentimentos; minimização; auditoria de acesso	Documentação; termos; submissão CEP/Plataforma Brasil

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como o piloto ainda não ocorreu, esta seção descreve resultados esperados e critérios de sucesso para a implantação prevista. A discussão organiza hipóteses, indicadores e procedimentos de análise.

Em termos técnicos, espera-se operação estável em rede escolar, com perdas baixas de telemetria e atualização consistente de dashboards e alertas. Em termos pedagógicos, espera-se que o uso orientado a dados apoie intervenções simples e favoreça o engajamento em atividades de pensamento computacional.

Como verificação preliminar no ambiente de desenvolvimento, foi realizado um teste funcional ponta a ponta (sensoriamento/simulação → publicação MQTT → persistência → visualização), validando o contrato de telemetria, reconexão e exportação de dados. Esses testes não substituem o piloto, mas reduzem riscos técnicos antes da implantação em escola.



Figura 4. Ilustração da plataforma EduIoT como apoio a ambientes de aprendizagem interativos.

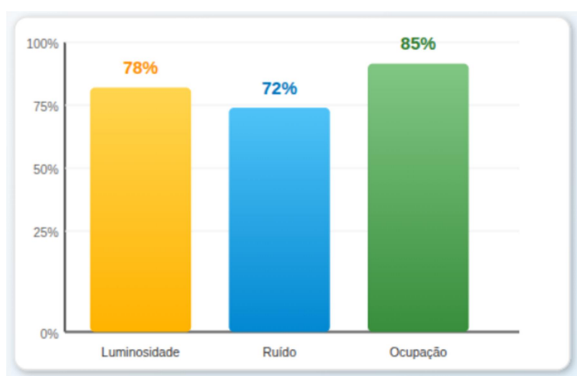


Figura 5. Exemplo ilustrativo (valores hipotéticos) de engajamento esperado por tipo de intervenção (luminosidade, ruído e ocupação).

Impactos esperados e indicadores.

A Tabela 9 apresenta faixas exemplificativas de conforto e parâmetros ambientais para configuração inicial (a serem ajustados no piloto).

As faixas iniciais foram definidas com base em recomendações técnicas e serão calibradas com professores e equipe escolar durante o piloto.

Tabela 9. Faixas exemplificativas de conforto e parâmetros iniciais (ajustáveis no piloto).

Variável	Faixa inicial	Observações
Ruído (dB)	35–65 dB	Acima de 70 dB por janela → alerta e intervenção em dinâmica/ambiente.
Ilumin. (lux)	300–500 lux	Abaixo de 200 lux por janela → alerta; ajustar iluminação/posicionamento.
Temp. (°C)	23–27 °C	Acima de 30 °C → alerta; ventilação/pausa; avaliação de climatização.
Umid. rel. (%)	40–60 %	Acima de 70% ou abaixo de 30% → registrar e orientar ventilação.
Ocupação (opc.)	Presença/contagem	Sem identificação individual; usar apenas para contexto de densidade/ruído.

Os impactos esperados e os principais indicadores para análise do piloto são organizados por dimensão, com métodos de coleta definidos para apoiar a avaliação quantitativa e qualitativa. Para este estudo, engajamento é entendido como participação nas atividades propostas, permanência na tarefa (tempo on-task) e entrega de artefatos/soluções conforme rubricas docentes.

- Engajamento: Participação ativa em atividades (evidências/método: Observação direta).
- Engajamento: Tempo de atenção sustentada (evidências/método: Dados IoT).
- Inclusão digital: Acessibilidade para PcD (evidências/método: Questionário).
- Inclusão digital: Uso autônomo de tecnologia (evidências/método: Avaliação prática).
- Pensamento computacional: Resolução de problemas lógicos (evidências/método: Teste específico).
- Pensamento computacional: Criação de algoritmos simples (evidências/método: Projeto prático).
- Ambiente: Condições ideais de aprendizagem (evidências/método: Sensores IoT).
- Ambiente: Satisfação dos estudantes (evidências/método: Escala Likert).

Parâmetros de alertas (exemplo).

A Tabela 10 apresenta limiares exemplificativos para configuração inicial, sujeitos a ajustes após calibração em campo no piloto.

Tabela 10. Exemplo de parâmetros para configuração inicial de alertas (ajustáveis localmente).

Alerta	Condição (exemplo)	Ação sugerida
Ruído alto	noise_db $\geq$ 70 por 5 min	Reorganizar dinâmica; fechar portas/janelas; orientação de voz
Luz baixa	lux < 200 por 10 min	Ajustar iluminação; reposicionar alunos
Calor excessivo	temp_c $\geq$ 30 por 10 min	Ventilação; pausa; avaliar climatização
Falha do nó	Sem dados por > 15 min	Checar energia/rede; acionar checklist de manutenção

Riscos e mitigação.

A Tabela 11 sumariza os principais riscos e estratégias de mitigação consideradas para o piloto.

Tabela 11. Riscos principais e estratégias de mitigação.

Risco	Impacto	Mitigação
Wi-Fi instável	Perda de continuidade e alertas	Buffer local; reenvio; rede dedicada no piloto
Deriva/calibração de sensores	Alertas imprecisos	Rotina de verificação; calibração; comparação cruzada
Variação entre salas	Limiares não generalizam	Configuração por sala; fase de calibração
Governança de dados	Risco LGPD/uso indevido	Acesso restrito; agregação; retenção limitada; CEP
Baixa adoção docente	Pouco impacto pedagógico	Formação curta; materiais; codesign com professores

Cronograma e expansão.

A Tabela 12 resume um cronograma realista para implantação e expansão.

Tabela 12. Cronograma previsto e expansão do EduIoT.

Período (2026)	Atividades principais	Saída
Abr–Mai	Ajustes finais, ética (CEP), infraestrutura	Plano do piloto e aprovações
Jun	Montagem e testes em bancada	Protótipo validado (telemetria + painel)

Período (2026)	Atividades principais	Saída
Jul–Ago	Instalação e calibração em escola pública estadual	Limiar por sala e operação estável
Set–Out	Execução e avaliação do piloto; relatório	Relatório técnico/pedagógico e melhorias

Limitações e ameaças à validade.

Os resultados dependerão do contexto escolar, rotinas e perfil das turmas. Para reduzir viés, recomenda-se triangulação (questionários, registros de intervenção, séries ambientais e observação) e documentação de mudanças de rotina.

CONCLUSÃO

O EduIoT propõe uma plataforma IoT de baixo custo para apoiar inclusão e engajamento em salas de aula por meio de monitoramento ambiental e uso pedagógico de dados. O trabalho descreve requisitos, arquitetura, contrato de telemetria e um plano de implantação e avaliação alinhado a BNCC/PNED e à LGPD.

Como trabalhos futuros, pretende-se executar o piloto em 2026 em escola pública estadual, calibrar limiares com professores, avaliar indicadores operacionais e pedagógicos e, conforme resultados, expandir para outras escolas.

AGRADECIMENTOS

Gostaríamos de expressar nossa profunda gratidão a Profa. Hana Karina Salles Rubinsztejn, coautora desta pesquisa, por todos os ensinamentos e pela rica troca de experiências durante a disciplina de IoT (Internet das Coisas), que foram fundamentais para chegarmos a este resultado.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, F.; FERREIRA, R. Aplicações de Internet das Coisas na Educação: um estudo de caso em salas inteligentes. *Revista de Tecnologia e Educação*, 2022.
- AMERICAN PSYCHIATRIC ASSOCIATION. *Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders: DSM-5*. 5. ed. Arlington, VA: American Psychiatric Publishing, 2013.
- BRASIL. Lei nº 13.709, de 14 de agosto de 2018. Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD). *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 15 ago. 2018.
- BRASIL. Lei nº 14.533, de 11 de janeiro de 2023. Institui a Política Nacional de Educação Digital (PNED) e altera a Lei nº 9.394/1996 (LDB), entre outras. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 11 jan. 2023.



BRASIL. Ministério da Educação. Base Nacional Comum Curricular: Educação é a Base. Brasília: MEC, 2018.

BRASIL. Conselho Nacional de Educação. Câmara de Educação Básica. Resolução CNE/CEB nº 1, de 4 de outubro de 2022. Define normas sobre Computação na Educação Básica em complemento à BNCC. Diário Oficial da União, Brasília, DF, out. 2022.

MORAN, J. M. Novas tecnologias e mediação pedagógica. Campinas: Papirus, 2013.

PRESSMAN, R. S.; MAXIM, B. R. Engenharia de software. Porto Alegre: Grupo A, 2021.

TOMCHEK, S. D.; DUNN, W. Sensory processing in children with and without autism: a comparative study using the short sensory profile. *American Journal of Occupational Therapy*, v. 61, n. 2, p. 190–200, 2007.

WEISER, M. The computer for the 21st century. *Scientific American*, v. 265, n. 3, p. 94–104, 1991.