

Vacina Sim: desarrollo de aplicaciones móviles emparejadas como estrategia innovadora para mejorar la adherencia a la vacunación

Ana Paula Ferreira Maciel <https://orcid.org/0000-0001-8056-4022>¹; Rafael Almeida Soares <https://orcid.org/0009-0006-5544-9798>¹; Marcos Flávio Silveira Vasconcelos D'Angelo <https://orcid.org/0000-0001-5754-3397>¹; Dulce Aparecida Barbosa <https://orcid.org/0000-0002-9912-4446>²; Jaqueline D'Paula Ribeiro Vieira Torres <https://orcid.org/0000-0003-2383-2523>¹; Claudia Mendes Campos Versiani <https://orcid.org/0000-0001-5309-9022>¹; Écila Campos Mota <https://orcid.org/0000-0002-0283-6472>³; Carla Silvana de Oliveira e Silva <https://orcid.org/0000-0002-0658-9990>¹

Resumen El objetivo de este estudio es describir el desarrollo del prototipo de aplicaciones móviles emparejadas para agentes comunitarios de salud y usuarios como estrategia para aumentar la adherencia a la vacunación. Se trata de un estudio metodológico de producción tecnológica del tipo prototipado. La construcción siguió el modelo de diseño centrado en el ser humano, caracterizándose por ser un proceso colaborativo enfocado en la persona para la persona. El desarrollo de las aplicaciones se realizó en cuatro etapas. El contenido técnico-científico de la aplicación fue construido de acuerdo con las recomendaciones e información del Programa Nacional de Inmunización del Ministerio de Salud de Brasil. El objetivo del prototipo desarrollado para los agentes comunitarios de salud es ayudar en la gestión de las vacunas de los usuarios adscritos a sus microáreas. La aplicación del usuario tiene como objetivo emitir información confiable sobre las vacunas y recordatorios de alertas para la adherencia a la vacunación. Las aplicaciones emparejadas ayudan en la búsqueda activa de usuarios con incompletitud de vacunación y en la aplicación de otras intervenciones oportunas, como la educación en salud y la autogestión para la búsqueda de salud.

Palabras clave Aplicaciones móviles, Teléfonos inteligentes, Vacunas, Cobertura vacunal, Inmunización

¹ Universidade Estadual de Montes Claros. Av. Rui Braga s/n, Vila Mauricéia. 39401-089 Montes Claros MG Brasil.

ana.maci@unimontes.br

² Universidade Federal de São Paulo. São Paulo SP Brasil.

³ Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Norte de Minas Gerais. Montes Claros MG Brasil.

Introducción

La vacunación se describe como una de las mejores acciones coste-efectivas para la prevención de enfermedades prevenibles mediante vacunación. Sin embargo, el mundo viene experimentando un descenso en la cobertura global de vacunación, pasando del 86% en 2019 al 81% en 2021, señalando ya una mejoría en 2022 (84%), pero aún con aproximadamente 14,3 millones de niños que no han recibido ninguna vacuna, los llamados niños doce-cero^{1,2}.

Los determinantes de las caídas en la cobertura de vacunación son complejos y a menudo traslacionales y multifactoriales, con variaciones entre diferentes regiones geográficas y tipos de inmunobiológicos, influenciados por aspectos como la educación y alfabetización sanitaria de la población, la confianza, la complacencia y la conveniencia^{3,4}. Este escenario llevó a la Organización Mundial de la Salud (OMS), en 2019, a designar la indecisión vacunal –reticencia o negativa a vacunar a pesar de la disponibilidad de inmunizadores– como una de las 10 amenazas ms importantes para la salud pública mundial³.

El Programa Nacional de Inmunización (PNI) de Brasil, creado en 1973, es un programa reconocido mundialmente por sus numerosos avances en materia de inmunización en Brasil, pero viene siguiendo esta tendencia mundial. El país ha experimentado una disminución de la cobertura de vacunación desde 2016, con una ligera mejora en 2022 y una tendencia a la baja en 2023⁵.

En Brasil, aunque las vacunas sean distribuidas gratuitamente por el Sistema Único de Salud (SUS) y su uso sea incentivado por el Ministerio de Salud, varios factores explican la caída de la cobertura de vacunación en los últimos años, como la ausencia o la baja percepción de riesgo de enfermedades, la infodemia de *fake-news* sobre las vacunas, la falta de acceso a la información sanitaria, la dificultad para acceder a las vacunas, la desconfianza en la eficacia y seguridad de las vacunas, el miedo a las reacciones adversas, la falta de conexión entre la población y las acciones de vacunación, la falta de tiempo de los padres para acudir a los centros de salud a vacunar a sus hijos y la pandemia del COVID-19^{1,2,6-8}.

En este escenario, ganan protagonismo las estrategias resilientes para reanudar los avances de la salud pública en la prevención de enfermedades prevenibles por vacunación. En el contexto mundial, en abril de 2021, la Organización Mundial de la Salud (OMS), el Fondo Interna-

cional de Emergencia de las Naciones Unidas para la Infancia (UNICEF), la Alianza Mundial para el Fomento de la Vacunación y la Inmunización (GAVI), entre otros socios, lanzaron la Agenda de Inmunización 2030 (IA2030), con el objetivo de recuperarse de las interrupciones causadas por la pandemia COVID-19 y lograr una mejor cobertura de vacunación^{1,2,9}.

La implementación de estrategias para aumentar la cobertura de vacunación puede dirigirse tanto a los pacientes y sus familias como al sistema sanitario y los profesionales. Para mejorar la cobertura de vacunación es necesario intercambiar intervenciones entre ambos grupos, lo que incluye condiciones estructurales y de acceso a las unidades sanitarias, mayor apoyo tecnológico, formación de los profesionales, educación sanitaria de las familias y los pacientes, búsqueda activa de personas con dosis atrasadas e incluso sistemas de recordatorio. Por ello, las tecnologías sanitarias han sido ampliamente utilizadas como herramientas para estrategias educativas y de recordatorio de vacunaciones, con impactos positivos reportados en estudios^{10,11}.

En este sentido, la tecnología que asiste a los profesionales sanitarios y proporciona a los usuarios información fiable y recordatorios sobre las vacunas puede intercambiar mejores resultados en términos de optimización de la adherencia a las vacunas y mejora de la cobertura de vacunación. Con este fin, el objetivo de este estudio es describir el desarrollo de un prototipo de aplicaciones móviles emparejadas para agentes de salud comunitarios y usuarios como estrategia para aumentar la adherencia a las vacunas.

Método

Se trata de un estudio metodológico para una producción tecnológica de tipo prototipado, con el objetivo de construir una aplicación móvil, utilizando rigor científico. Se basó en las orientaciones técnico-científicas sobre vacunas disponibles del PNI del Ministerio de Salud de Brasil¹².

El desarrollo de software siguió los principios del diseño centrado en el ser humano (DCH), un enfoque metodológico que sistematiza el proceso de creación de productos, servicios y sistemas, así como la resolución de retos complejos que surgen como respuesta a una necesidad humana concreta, y que se caracteriza por ser un proceso de colaboración centrado en

la persona para la persona¹³. La Norma Internacional (ISO) amplía esta definición, subrayando que el HCD no sólo mejora la eficacia y eficiencia de los procedimientos, sino que también promueve el bienestar humano, la satisfacción del usuario, la accesibilidad y la sostenibilidad¹⁴. Además, el enfoque promete impulsar la innovación en el desarrollo de soluciones orientadas al usuario con el objetivo de garantizar su máxima satisfacción¹⁵.

El estudio se realizó en colaboración con un profesor y un estudiante de un programa de posgrado en Ciencias de la Salud (ambos enfermeros), profesores de los cursos de pregrado y técnico de enfermería y un supervisor y un estudiante de un programa de posgrado en Modelización y Sistemas Computacionales.

Para el desarrollo del contenido de las aplicaciones, fueron involucrados seis profesionales de enfermería con conocimiento en vacunas (cuatro con experiencia en salas de vacunas y Estrategia de Salud de la Familia y dos profesores de cursos de graduación y posgrado en salud) y dos profesionales de informática (un profesor y supervisor de un curso de graduación en Sistemas de Información y otro profesional cursando maestría en el Programa de Modelado Computacional y Sistemas). El trabajo se realizó de forma transdisciplinar para cubrir adecuadamente los contenidos y desarrollar la tecnología para una mejor aplicación de los dispositivos.

Las apps se desarrollaron en cuatro etapas: la primera fue una encuesta sobre la necesidad real de crear una tecnología de ayuda a los procesos de vacunación; la segunda, reuniones estratégicas entre enfermeros y profesionales de sistemas de información para elegir los enfoques a seguir en el desarrollo de la app; la tercera etapa fue la implementación, y la cuarta, la evaluación del uso por parte de los voluntarios en diferentes modelos de dispositivos (Figura 1).

En la primera fase, se realizó una escucha activa en grupos por categorías, para que informaran sobre las principales necesidades de mejora relacionadas con el proceso de vacunación.

Los entrevistados fueron: 5 agentes comunitarios de salud, 5 usuarios y 2 enfermeras que trabajan en la Estrategia de Salud de la Familia. En este contexto, “usuarios” se refiere a las personas que forman parte de los grupos específicos del PNI y/o a sus tutores legales.

Para los agentes comunitarios de salud y las enfermeras, la principal demanda fue la necesidad de mejorar la tarea de seguimiento del *estado de vacunación* de los usuarios bajo la responsabilidad de los agentes comunitarios de

salud, ya que el formato utilizado para llevar a cabo esta actividad es manual, con registros en formularios.

El formato actual de seguimiento de las vacunas administradas a los usuarios bajo la responsabilidad de los agentes comunitarios de salud, según informan estos profesionales, presenta varias limitaciones. Este proceso se considera intensivo en mano de obra, consume mucho tiempo, favorece la ocurrencia de errores, lo que dificulta la realización de búsquedas activas en los plazos adecuados, y es insostenible debido al elevado consumo de material gráfico.

Por otro lado, entre los usuarios de los servicios de vacunación se identificaron varias dificultades relacionadas con la adherencia a la vacunación, especialmente la falta de recuerdo del historial de vacunación, sobre todo en el caso de las vacunas infantiles. Estas dificultades fueron determinantes para el diseño de funcionalidades destinadas a facilitar tanto el control como el recordatorio de las vacunaciones, beneficiando tanto a los profesionales sanitarios como a los usuarios. A partir de este diagnóstico, se consideró que la creación de una tecnología –una app móvil– era una solución práctica y eficaz para mejorar el control de la vacunación y aumentar la adherencia a las campañas de vacunación, con vistas a aumentar la cobertura vacunal y promover la salud colectiva.

En la segunda fase, para garantizar que la aplicación cumplía los principios del HCD, se celebraron tres reuniones estratégicas con profesionales de la salud y de las tecnologías de la información, garantizando que el desarrollo se orientaba hacia las necesidades reales de los trabajadores sanitarios y los usuarios de la comunidad. Cada reunión desempeñó un papel clave en la definición y el perfeccionamiento de las funcionalidades de la aplicación en desarrollo, permitiendo que las especificidades del contexto de vacunación se tuvieran plenamente en cuenta y se integraran en el proyecto.

En la primera reunión se debatieron las necesidades generales y las funcionalidades esenciales de la aplicación en desarrollo. Esta reunión fue fundamental para esbozar el alcance del proyecto, identificando las principales dificultades a las que se enfrentan los trabajadores sanitarios de la comunidad a la hora de supervisar las inmunizaciones. A partir de estos debates, se decidió crear dos aplicaciones distintas: una dirigida a los trabajadores sanitarios comunitarios (Figura 2) y otra a los usuarios (Figura 3). Esta división permitió diseñar cada aplicación para satisfacer mejor las demandas y

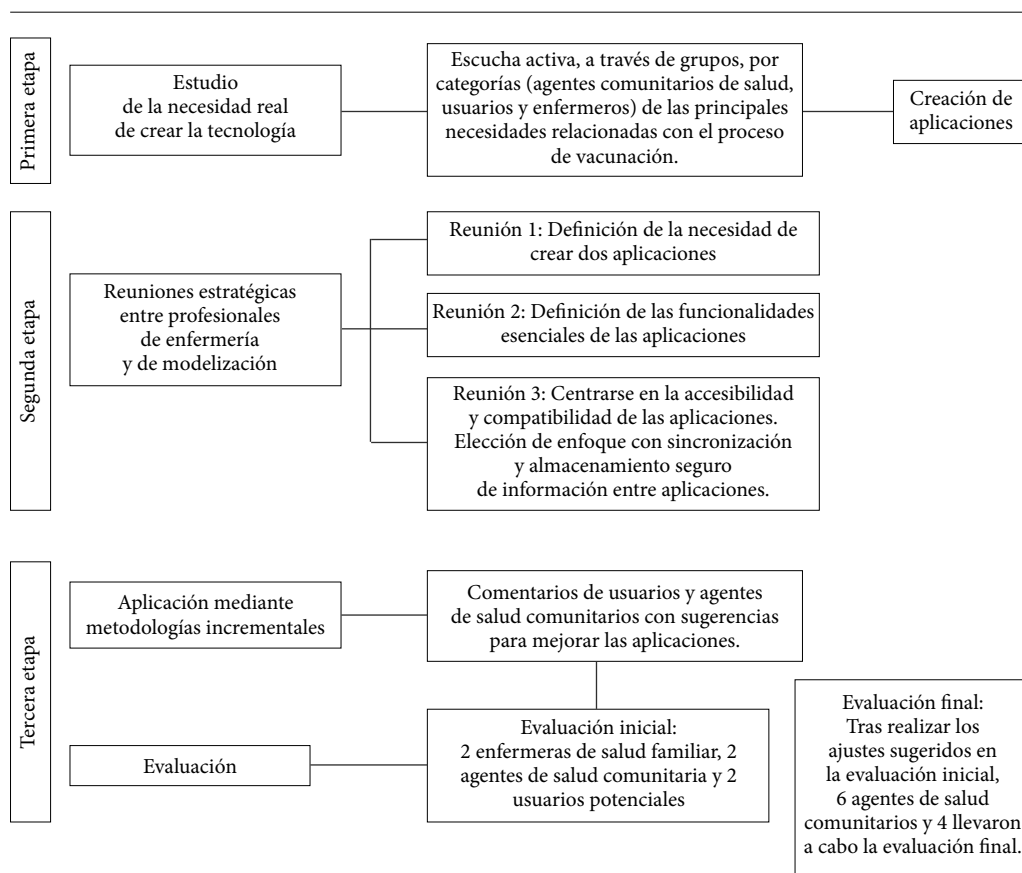


Figura 1. Presentación esquemática de la ruta metodológica para construir las aplicaciones.

Fuente: Autores.

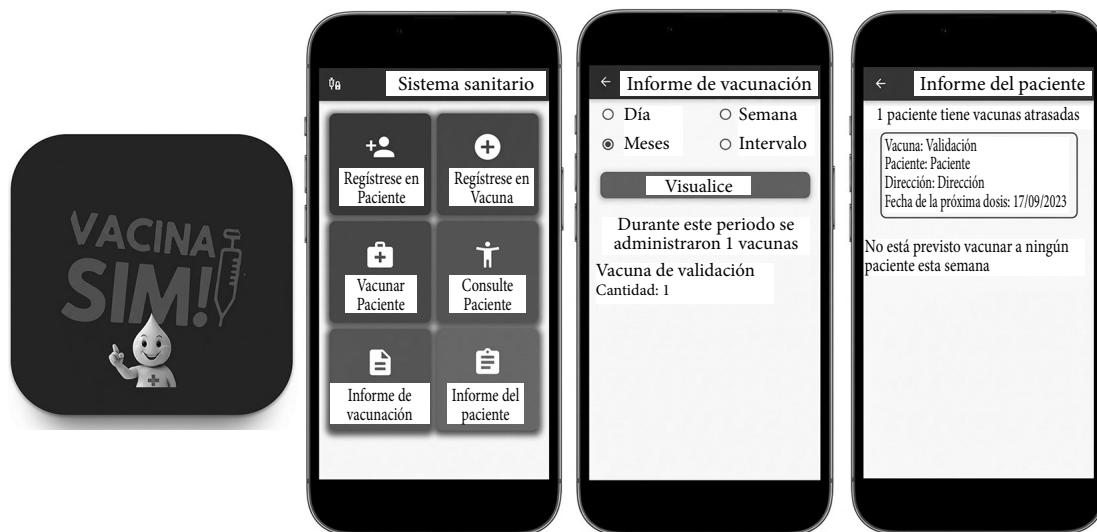


Figura 2. Aplicación "Vacina Sim" (Vacuna Sí) para agentes comunitarios de salud.

Fuente: https://rtoramaru.github.io/vacina_sim_app_web/.



Figura 3. Aplicación "Vacina Sim" (Vacuna Sí) para usuarios.

Fuente: https://rtoramaru.github.io/vacina_sim_app_web/.

retos particulares de cada grupo, optimizando el acceso a las funcionalidades y organizando la información para maximizar la usabilidad, teniendo en cuenta las necesidades específicas de cada perfil.

Dividir las funciones en dos aplicaciones resultó ser una decisión estratégica, ya que los agentes de salud comunitarios necesitan herramientas específicas para registrar y supervisar a los usuarios, mientras que éstos se benefician de las notificaciones sobre vacunas atrasadas y de la información sobre el calendario de vacunación. Este modelo organizativo permitió crear interfaces y flujos de usuario personalizados, adaptados al contexto de cada grupo, promoviendo una experiencia de usuario intuitiva y eficiente para ambos.

En la segunda reunión, se decidió que la aplicación para agentes de salud comunitarios debía incluir funciones como el registro de usuarios, que permite enviar un *enlace* a la aplicación a los usuarios por correo electrónico o WhatsApp. Esta función ayuda a que el registro sea rápido y eficaz, facilitando que los usuarios se registren en la aplicación. Para registrarse, el agente de salud comunitario debe introducir los datos del usuario en la app, como su nombre completo, fecha de nacimiento, dirección, correo electrónico y/o dirección de WhatsApp. Una vez que el agente de salud comunitario se

haya registrado, el usuario recibirá una invitación y un *enlace* para acceder a la app en su correo electrónico y/o WhatsApp.

También en esta reunión, el equipo se centró en las funcionalidades esenciales para las aplicaciones. En el caso de la aplicación para uso de los agentes de salud comunitarios, se detallaron las necesidades específicas relacionadas con el control y seguimiento de las vacunaciones. Así, la app se diseñó para incluir un registro detallado de las vacunas administradas, permitiendo un control preciso y siempre actualizado del historial de vacunación de cada usuario. Para la app del usuario se han definido funcionalidades como el envío de notificaciones para avisarle de las vacunas pendientes o programadas para los próximos siete días, así como la opción de localizar centros de vacunación cercanos y consultar su historial vacunal. Este historial proporciona información completa sobre la vacunación del usuario, incluidas fechas, tipos de vacunas y datos fiables sobre vacunas específicas, así como posibles acontecimientos adversos.

Esta etapa fue esencial para garantizar que el proyecto cumplía los requisitos funcionales y proporcionaba una experiencia organizada y eficiente a ambos grupos. La definición de estas funcionalidades ayudó a anticipar el impacto práctico del sistema en la rutina de los agentes de salud comunitarios y los usuarios, proporcio-

nando herramientas que facilitarían el compromiso con el calendario de vacunación y aumentarían la adherencia continua a la vacunación.

En la tercera reunión, la atención se centró en la accesibilidad y compatibilidad de las aplicaciones, con el objetivo de llegar al mayor número posible de usuarios. La decisión de desarrollar las apps para los sistemas operativos *Android* e *iOS* se tomó para favorecer la accesibilidad y garantizar que ambas fueran utilizables, independientemente del tipo de dispositivo. Para ello, se optó por utilizar el *kit de desarrollo de software (SDK) Flutter*, que permite el desarrollo multiplataforma con una única base de código y ofrece flexibilidad para personalizar la interfaz mediante widgets *personalizables*.

Flutter, mantenido por Google, ofrece un sólido conjunto de herramientas compatibles con *Android* e *iOS* que facilitan el desarrollo de interfaces modernas y personalizables. Esta elección permitió ahorrar tiempo y recursos durante el desarrollo, además de garantizar la calidad de la experiencia visual para usuarios de distintos dispositivos.

A la hora de elegir los enfoques, se adoptó una arquitectura cliente-servidor, esencial para la sincronización y el almacenamiento seguro de la información entre las aplicaciones de los agentes de salud comunitarios y las de los usuarios. Esta arquitectura permite que ambas aplicaciones accedan a una base de datos centralizada, garantizando que las actualizaciones de vacunación se reflejen en tiempo real y evitando redundancias e incoherencias de datos. La comunicación entre las aplicaciones y la base de datos fue posible gracias a una *Interfaz de Programación de Aplicaciones (API)* desarrollada en *Node.js* (versión 18.16.1), elegida por su capacidad para gestionar eficientemente las peticiones del *Protocolo de Transferencia de Hipertexto (HTTP)* y ofrecer una comunicación rápida y estable.

El uso de una arquitectura cliente-servidor basada en una base de datos en *lenguaje de consulta estructurado (SQL)* también proporciona una estructura de datos robusta que permite consultas rápidas y garantiza la seguridad e integridad de los datos. Todas las conexiones están protegidas con *SSL (Secure Socket Layer)*, y otras medidas de seguridad adicionales, como la autenticación y el control de acceso, garantizan que sólo los agentes de salud comunitarios, en el ejercicio de sus funciones, puedan acceder a la información de los usuarios.

Durante el desarrollo, en la tercera fase, se utilizó una metodología incremental, que per-

mite la implantación progresiva de funcionalidades y ajustes continuos basados en la *retroalimentación* de los usuarios y los agentes de salud comunitarios. Este enfoque permitió que las funcionalidades esenciales se entregaran en las primeras fases, lo que facilitó las pruebas y la validación tempranas del sistema. Además, durante el proceso, la *retroalimentación* contribuyó a mejorar el sistema, con sugerencias que se incorporaron para adaptarse mejor a las necesidades de los agentes de salud comunitarios y los usuarios.

Paralelamente al desarrollo de la API, el equipo avanzó en el desarrollo de la aplicación de los agentes de salud comunitarios utilizando *Flutter*, versión 3.13.1, y el lenguaje *Dart* (versión 3.1.0). Además de las funcionalidades propuestas originalmente, se incorporaron algunas adiciones significativas a las aplicaciones, ampliando su utilidad y proporcionando un conjunto completo de características.

En la cuarta y última fase de desarrollo, ambas aplicaciones se sometieron a pruebas de usabilidad en distintos dispositivos. Las pruebas se realizaron en dos fases, siendo la primera evaluación realizada por dos enfermeras con experiencia en la Estrategia de Salud Familiar, así como por dos agentes de salud comunitarios y dos usuarios potenciales. La elección de las enfermeras para la evaluación inicial se basó en su experiencia y relevancia como especialistas en el análisis de contenidos relacionados con el área de interés. Tras esta evaluación, se aportaron *comentarios* y sugerencias de ajustes que se pusieron en práctica y dieron lugar a la versión final de las aplicaciones. La evaluación de la usabilidad tuvo en cuenta los siguientes aspectos: facilidad de uso, tiempo de carga, adecuación a la resolución de pantalla, frecuencia de uso y relevancia de los datos.

A continuación, la versión final de las aplicaciones fue probada por seis agentes de salud comunitarios y cuatro usuarios durante un periodo de dos meses, utilizando diferentes modelos de dispositivos en las plataformas *Android* e *iOS*. Una vez finalizada cada fase de evaluación, se eliminaron todos los datos introducidos en los procesos de prueba, garantizando la privacidad y confidencialidad de la información.

Para el tratamiento de datos, el sistema se diseñó de acuerdo con la Ley General de Protección de Datos (LGPD), garantizando la seguridad y privacidad de la información de los usuarios. La recopilación de datos con el acceso de los usuarios y los agentes de salud comunitarios a las apps se realiza de forma transparente,

con consentimiento explícito para el uso de datos de localización y otra información personal, que se almacena de forma segura y protegida mediante cifrado de extremo a extremo. Además, las apps permiten a los agentes de salud comunitarios acceder a los datos, corregirlos y borrarlos cuando sea necesario, de acuerdo con el principio de minimización de datos.

El proceso de creación comenzó en agosto de 2023 y las aplicaciones se finalizaron en noviembre del mismo año.

El desarrollo de las aplicaciones forma parte del proyecto de investigación titulado: “Implantación de la Política Nacional de Vigilancia Sanitaria y del Programa Nacional de Vacunación en la población del municipio de Montes Claros/MG” y tuvo aprobación del Comité de Ética en Investigación con Seres Humanos de la Universidad Estadual de Montes Claros bajo el parecer nº 6.234.026.

Resultados

Las aplicaciones, ya finalizadas, se sometieron a una evaluación inicial para su uso por voluntarios en distintos modelos de dispositivos. Para evaluar la aplicabilidad de los dispositivos, se realizaron pruebas iniciales con dos enfermeras que trabajan en la Estrategia de Salud Familiar (una de las cuales vive en la zona), dos agentes de salud comunitarios y dos usuarios potenciales.

Tras sus comentarios, se sugirieron los siguientes ajustes: la necesidad de incluir un *inicio de sesión* en la aplicación para los agentes de salud comunitarios con un nombre de usuario y una contraseña para el acceso restringido; una solicitud de cálculo automático de la edad del usuario con cada acceso realizado por el agente de salud comunitario, para facilitar la visualización de la edad actual; en la aplicación para los usuarios, la posibilidad de acceso con más de un *inicio de sesión* para el mismo usuario, teniendo en cuenta las situaciones de los usuarios que son padres/tutores de más de un niño.

En la aplicación para agentes de salud comunitarios se ha incluido la funcionalidad de elaboración de informes. Esta función permite a los agentes obtener información valiosa sobre las vacunaciones realizadas en un intervalo de tiempo determinado. Otra función añadida a la aplicación para agentes de salud comunitarios es un informe que identifica a los usuarios según su edad y la posible vacuna que deberían recibir según el calendario del PNI. Este informe

incluye información detallada como la fecha en la que debe administrarse la vacuna y la dirección del usuario. Se hace hincapié en que la cita debe ser concertada en la sala de vacunación por un profesional cualificado, y que el papel del agente de salud comunitario es la búsqueda activa de la vacuna, guiado por el calendario del PNI, donde debe comprobar la cita concertada en el documento de registro de las vacunas recibidas (cartilla de vacunación) por el usuario. Además, el informe destaca las vacunas que están vencidas, proporcionando una visión clara de los usuarios que necesitan tener sus tarjetas de vacunación revisadas, a través de la búsqueda activa oportuna.

En la aplicación para usuarios, se implementó la funcionalidad de *inicio de sesión* múltiple, que permite a los cuidadores realizar un seguimiento del calendario de vacunación de más de una persona. Esta funcionalidad se ajustó a partir de las sugerencias de los usuarios, lo que refuerza el compromiso del proyecto de adaptarse a las necesidades reales de los usuarios.

Estas adiciones a las aplicaciones demuestran un compromiso con la eficiencia y la utilidad del sistema, permitiendo a los trabajadores sanitarios generar informes cruciales para la gestión y el seguimiento de las actividades de vacunación. Además, al proporcionar a los usuarios información específica sobre las vacunas que deben administrarse y las fechas de administración, la aplicación aumenta la concienciación sobre la adherencia a la vacunación, lo que contribuye a mejorar la cobertura de vacunación.

Una de las funciones más innovadoras es la geolocalización, que facilita la localización de las salas de vacunación más cercanas en tiempo real. La aplicación identifica la posición del usuario y muestra una lista de puestos/salas de vacunación cercanos, organizados por distancia y con información útil como los horarios de apertura. Esta funcionalidad ayuda a reducir las barreras de acceso y agiliza el desplazamiento de los pacientes a los centros de vacunación.

Una vez realizadas las correcciones sugeridas, el software en su fase final se envió a las tiendas online de almacenamiento y distribución de software para móviles: app shops.

Se propuso a los usuarios una evaluación de la versión final de las aplicaciones. El objetivo era evaluar la usabilidad del programa en términos de facilidad de uso, tiempo de carga, adecuación a la resolución de pantalla, frecuencia de uso y relevancia de los datos. Seis agentes de salud comunitarios y cuatro usuarios probaron

las aplicaciones durante dos meses, tras lo cual se les preguntó sobre los aspectos evaluados y expresaron una experiencia satisfactoria. Para evaluar las funcionalidades de las aplicaciones, se realizaron unas pruebas hipotéticas iniciales que resultaron positivas para los objetivos propuestos. En esta evaluación, los agentes comunitarios de salud y los usuarios se mostraron muy satisfechos con el software y valoraron positivamente los ítems evaluados, sin reservas iniciales. Además, los agentes comunitarios de salud indicaron que las aplicaciones serían muy valiosas para optimizar sus actividades de gestión de las vacunas de los usuarios bajo su responsabilidad.

Discusión

Se trata del primer prototipo de software en portugués construido para emparejar aplicaciones móviles para que profesionales sanitarios (CHW) y usuarios intercambien información sobre vacunas. El uso de esta tecnología permite a los TCS y a los usuarios compartir la gestión y la corresponsabilidad en la administración de vacunas, tal y como propone el PNI. El emparejamiento simultáneo de información entre las aplicaciones también proporciona una forma sostenible y oportuna para que los TSC busquen activamente actualizaciones del calendario de vacunación, lo que permite organizar el trabajo y favorece un rendimiento resiliente frente a las bajas coberturas de vacunación. La información disponible en la app también facilita el acceso a contenidos científicos en lenguaje accesible sobre vacunas, contribuyendo a un proceso de educación sanitaria de calidad y actual.

Los dispositivos móviles y sus funcionalidades ya forman parte de la rutina de la población y ofrecen soluciones ágiles para el día a día, siendo herramientas con un alto potencial de uso en los ámbitos de la salud, la educación y la atención integral. En el ámbito de la salud, especialmente la enfermería, pueden ser herramientas valiosas para optimizar los procesos de promoción y prevención de la salud, como la inmunización, con soluciones impactantes desde el punto de vista de las políticas públicas y la sostenibilidad.

En el contexto de las vacunas y el uso de aplicaciones como estrategia para mejorar la adherencia a las vacunas, una revisión sistemática que evaluó veinticinco aplicaciones móviles que incluían información sobre vacunas, opciones para reservar citas en centros de vacunación

y alertas de dosis atrasadas concluyó que todas las aplicaciones contribuyeron a aumentar la cobertura de vacunación¹⁶.

Además, la implicación y gestión de los pacientes con dosis de vacunas atrasadas mediante el seguimiento y la búsqueda activa de pacientes también demostró ser una acción positiva para mejorar la cobertura de vacunación¹⁷. Al mismo tiempo, para ayudar a los profesionales sanitarios, la implantación de sistemas de apoyo mediante recursos informáticos también se ha considerado una estrategia con un impacto positivo^{18,19}.

Además, en todos los programas de vacunación infantil de los países de ingresos bajos y medios debería integrarse el uso de medios que promuevan el suministro de información precisa sobre las vacunas en las comunidades y los centros de salud; ello debería ir acompañado de un sólido seguimiento del impacto y del uso de los datos para la acción²⁰.

Una revisión sistemática que evaluó las intervenciones eficaces para aumentar la cobertura de la vacunación infantil sistemática concluyó que acciones como la mejora de los recursos humanos (como equipos sanitarios con recursos adecuados para ampliar los servicios de inmunización) y el uso de la tecnología (como sistemas de información que incorporan recordatorios directos a los padres) se consideran eficaces para aumentar la adherencia a la vacunación infantil sistemática²⁰.

Las limitaciones de este estudio incluyen la falta de validación de las apps mediante instrumentos que puedan evaluar su calidad. Para evaluar los efectos de las apps, sugerimos estudios cuantitativos y prospectivos para evaluar el impacto en los resultados de adherencia a la vacuna tras su implementación, pasos que se completarán en otro momento del estudio paraguas.

Conclusión

El modelo de prototipo de aplicación móvil desarrollado en pares para agentes comunitarios de salud y usuarios es una propuesta innovadora y una herramienta de resiliencia estratégica para las prácticas de promoción de la salud y la prevención de enfermedades prevenibles por vacunación. La implementación de tecnologías móviles en el ámbito de la salud y su aplicación como prácticas resolutivas para lograr mejores coberturas de vacunación resultan en impactos positivos para la salud pública.

Colaboradores

Todos los autores contribuyeron por igual al desarrollo de esta investigación y a su redacción y revisión final, así como a aprobar su contenido antes de su presentación.

Financiamiento

Este trabajo fue financiado por la Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) [APQ-04777-24]. Agradecemos a la FAPEMIG el apoyo financiero esencial para la realización de esta investigación.

Declaración de disponibilidad de datos

Las fuentes de datos utilizadas en la investigación se indican en el cuerpo del artículo.

Referencias

1. World Health Organization (WHO). *Immunization coverage*. Who.int. [Internet]. 2021 [cited 2023 dez 2]. Available from: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/immunization-coverage>.
2. United Nations International Children's Emergency Fund (UNICEF). *Immunization programme*. Unicef.org [Internet]. 2020 [cited 2023 dez 2]. Available from: <https://www.unicef.org/immunization>.
3. World Health Organization (WHO). *Ten threats to global health in 2019*. Geneva: WHO; 2019.
4. Olbrich Neto J, Olbrich SRLR. Atitudes, hesitações, preocupações e inconsistências em relação às vacinas relatadas por pais de crianças em idade pré-escolar. *Rev Paul Pediatr* 2023; 41:e2022009.
5. Sistema de Informação do Programa Nacional de Imunizações (SI-PNI). [Internet]. 2020 [cited 2023 dez 2]. Disponível em: <https://pni.datasus.gov.br>.
6. Dong A, Meaney C, Sandhu G, Oliveira N, Singh S, Morson N, Forte M. Routine childhood vaccination rates in an academic family health team before and during the first wave of the COVID-19 pandemic: a pre-post analysis of a retrospective chart review. *CMAJ Open* 2022; 10(1):43-49.
7. Lemos PL, Oliveira Júnior GJ, Souza NFC, Silva IM, Paula IPG, Silva KC, Costa FC, Arruda PDDS, Oliveira WJ, Kaiabi PT, Passarelli MCA, Andrade ACS, Takano OA. Factors associated with the incomplete opportune vaccination schedule up to 12 months of age, Rondonópolis, Mato Grosso. *Rev Paul Pediatr*. 2022; 40:e2020300.
8. Truong J, Bakshi S, Wasim A, Ahmad M, Majid U. What factors promote vaccine hesitancy or acceptance during pandemics? A systematic review and thematic analysis. *Health Promot Int* 2021; 37(1):daab105.
9. Brasil. Nações Unidas. *Estratégia de vacinação da ONU quer salvar mais de 50 milhões de pessoas* [Internet]. 2021 [acessado 2023 dez 2]. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/125790-estrategia-de-vacina%C3%A7%C3%A3o-da-onu-quer-salvar-mais-de-50-milh%C3%B5es-de-pessoas>.
10. Atkinson KM, Wilson K, Murphy MSQ, El-Halabi S, Kahale LA, Laflamme LL, El-Khatib Z. Effectiveness of digital technologies at improving vaccine uptake and series completion – A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Vaccine* 2019; 37(23):3050-3060.
11. Lozumba O, Schmidt P, Ket JCF, Jaspers M. Can mHealth interventions contribute to increased HPV vaccination uptake? A systematic review. *Prev Med Rep* 2021; 21:e101289.
12. Brasil. Ministério da Saúde (MS). *Programa Nacional de Imunizações* [Internet]. 2023 [acessado 2023 dez 2]. Disponível em: <https://www.gov.br/saude/pt-br/acao-a-informacao/acoes-e-programas/programa-nacional-de-imunizacoes-vacinacao>.
13. Holeman I, Kane D. Human-centered design for global health equity. *Inf Technol Dev* 2019; 26(3):477-505.
14. Melles M, Albayrak A, Goossens R. Innovating Health Care: Key Characteristics of Human-Centered Design. *Int J Qual Health Care* 2020; 33(1):37-44.

15. Göttgens I, Oertelt-Prigione S. The application of human-centered design approaches in health research and innovation: a narrative review of current practices. *JMIR mHealth uHealth* 2021; 9(12):e28102.
16. Cock C, Velthoven M, Milne-Ives M, Mooney M, Meinert E. Use of Apps to Promote Childhood Vaccination: Systematic Review. *JMIR mHealth uHealth*. 2020; 8(5):e17371.
17. Jaca A, Mathebula L, Iweze A, Pienaar E, Wiysonge CS. A systematic review of strategies for reducing missed opportunities for vaccination. *Vaccine*. 2018; 36(21):2921-2927.
18. Bisset KA, Paterson P. Strategies for increasing uptake of vaccination in pregnancy in high-income countries: A systematic review. *Vaccine* 2018; 36(20):2751-2759.
19. Mohammed H, McMillan M, Andraweera PH, Elliott SR, Marshall HS. A rapid global review of strategies to improve influenza vaccination uptake in Australia. *Hum Vaccin Immunother* 2021; 17(12):5487-5499.
20. Lukusa LA, Ndze VN, Mbeye NM, Wiysonge CS. A systematic review and meta-analysis of the effects of educating parents on the benefits and schedules of childhood vaccinations in low and middle-income countries. *Hum Vaccin Immunother* 2018; 14(8):2058-2068.

Artículo presentado en 28/07/2024

Aprobado en 11/02/2025

Versión final presentada en 13/02/2025

Editores jefes: Maria Cecília de Souza Minayo, Romeu Gomes, Antônio Augusto Moura da Silva, Vania de Matos Fonseca