

Campus São Mateus
UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

Work Helper: aplicativo móvel baseado em modelo probabilístico para avaliação do risco de lombalgia ocupacional

Work Helper: mobile application based on probabilistic model for assessing the risk of occupational low back pain

Work Helper: aplicación móvil basada en un modelo probabilístico para evaluar el riesgo de dolor lumbar ocupacional

José Welton dos Santos¹, José Wendel dos Santos^{2*}, Pedro Vieira Souza Santos³, & Glauco Luiz Rezende de Carvalho⁴

^{1 4} Instituto Federal de Sergipe ² Universidade Federal de Sergipe ³ Universidade Federal de Pernambuco

¹ weltonsts15@gmail.com ^{2*} eng.wendel@live.com ³ eng.pedrovieirass@gmail.com ⁴ glaucolrc@gmail.com

ARTIGO INFO.

Recebido: 17.09.2025

Aprovado: 12.11.2025

Disponibilizado: 17.11.2025

PALAVRAS-CHAVE: Lombalgia; Ergonomia; Aplicativo móvel.

KEYWORDS: Low back pain; Ergonomics; Mobile application.

PALABRAS CLAVE: Dolor lumbar; Ergonomía; Aplicación móvil.

*Autor Correspondente: Santos, J. W. dos.

RESUMO

A prevalência de distúrbios musculoesqueléticos, particularmente a lombalgia ocupacional, representa um desafio persistente para a saúde pública e a produtividade industrial. O presente estudo teve como objetivo desenvolver um aplicativo móvel baseado em modelo probabilístico para avaliação do risco de lombalgia ocupacional. O desenvolvimento seguiu a metodologia ágil Scrum, aplicando princípios da engenharia de software orientada a serviços, com ciclos iterativos de implementação e teste em *frontend* e *backend*. Para o cálculo do risco de lombalgia, adotou-se o modelo probabilístico de Santos e Monteiro (2020), derivado de regressão logística múltipla com 84 trabalhadores. Durante a fase de implementação, o aplicativo, denominado Work Helper, demonstrou capacidade de calcular níveis de risco ergonômico e gerar planos de ação personalizados para mitigação. As informações são apresentadas em relatórios interativos, incluindo distribuição de risco por setor, principais fatores identificados e recomendações priorizadas, oferecendo subsídios imediatos para tomada de decisão e monitoramento contínuo da saúde ocupacional. Esse desempenho evidencia a viabilidade de integrar modelos probabilísticos em uma aplicação móvel, fornecendo uma abordagem replicável que contribui para a prevenção da lombalgia ocupacional em diferentes ambientes de trabalho.

ABSTRACT

The prevalence of musculoskeletal disorders, particularly occupational low back pain, represents a persistent challenge to public health and industrial productivity. This study aimed to develop a mobile application based on a probabilistic model for assessing the risk of occupational low back pain. Development followed the agile Scrum methodology, applying principles of service-oriented

software engineering, with iterative cycles of implementation and testing on both the frontend and backend. To calculate the risk of low back pain, the probabilistic model proposed by Santos and Monteiro (2020), derived from multiple logistic regression with 84 workers, was adopted. During the implementation phase, the application, called Work Helper, demonstrated the ability to calculate ergonomic risk levels and generate personalized action plans for mitigation. The information is presented in interactive reports, including risk distribution by sector, key identified factors, and prioritized recommendations, providing immediate support for decision-making and continuous monitoring of occupational health. This performance demonstrates the feasibility of integrating probabilistic models into a mobile application, offering a replicable approach that contributes to the prevention of occupational low back pain in various work environments.

RESUMEN

La prevalencia de trastornos musculoesqueléticos, en particular la lombalgia ocupacional, representa un desafío persistente para la salud pública y la productividad industrial. Este estudio tuvo como objetivo desarrollar una aplicación móvil basada en un modelo probabilístico para evaluar el riesgo de lombalgia ocupacional. El desarrollo siguió la metodología ágil Scrum, aplicando principios de ingeniería de software orientada a servicios, con ciclos iterativos de implementación y pruebas tanto en el frontend como en el backend. Para calcular el riesgo de lombalgia, se adoptó el modelo probabilístico propuesto por Santos y Monteiro (2020), derivado de una regresión logística múltiple con 84 trabajadores. Durante la fase de implementación, la aplicación, denominada Work Helper, demostró la capacidad de calcular los niveles de riesgo ergonómico y generar planes de acción personalizados para su mitigación. La información se presenta en informes interactivos, que incluyen la distribución de riesgos por sector, los factores clave identificados y las recomendaciones priorizadas, lo que proporciona apoyo inmediato para la toma de decisiones y el monitoreo continuo de la salud ocupacional. Este desempeño demuestra la viabilidad de integrar modelos probabilísticos en una aplicación móvil, ofreciendo un enfoque replicable que contribuye a la prevención del dolor lumbar ocupacional en diversos entornos de trabajo.

INTRODUÇÃO

A lombalgia é a dor musculoesquelética mais frequentemente autorreferida por trabalhadores de diferentes ocupações, sobretudo aquelas que envolvem atividades extenuantes. Embora não seja uma doença em si, integra o conceito legal de doença ocupacional em diversos países. No Brasil, sua notificação compulsória foi consolidada com a inclusão na Lista de Doenças Relacionadas ao Trabalho (LDRT), publicada pelo Ministério da Saúde. Esse enquadramento legal repercute igualmente na esfera previdenciária, na qual a lombalgia é reconhecida quando associada a sobrecargas mecânicas nos músculos, discos intervertebrais, articulações ou ligamentos da coluna lombar em consequência de movimentos repetitivos, manuseio de cargas ou posturas inadequadas (Brasil, 2020).

A manifestação clínica da lombalgia ocupacional nem sempre é imediata. Alguns trabalhadores apresentam evolução insidiosa, dificultando o diagnóstico precoce e retardando o tratamento. Em geral, a dor pode ser aguda ou crônica, com intensidade variável, podendo persistir por semanas ou meses. Na fase aguda, a lombalgia figura entre as principais causas de absenteísmo, presenteísmo e perda de produtividade em países industrializados. Já a fase crônica constitui causa frequente de incapacidade funcional, sobrecarga dos sistemas de saúde, indenizações trabalhistas, desemprego e queda significativa da qualidade de vida (Popescu & Lee, 2020; Shaw, 2021; Traeger et al., 2021).

Globalmente, a lombalgia mantém posição de destaque entre as lesões não fatais mais prevalentes desde 1990 (Steiner et al., 2020; Vos et al., 2017). Em países como Canadá, Estados Unidos e Suécia, a prevalência em adultos em idade produtiva varia de 1,4% a 20% (Fatoye et al., 2019). No Brasil, estima-se que a lombalgia aguda atinja mais de 50% dos adultos, enquanto a forma crônica acomete entre 4,2% e 14,7% da população economicamente ativa (Nascimento & Costa, 2015). Dados do Ministério do Trabalho e Previdência (MTP) registram 661.721 casos de lombalgia entre 1999 e 2019, correspondendo a 40,5% de todos os distúrbios musculoesqueléticos notificados. Em 2020, foram concedidos 207.263 benefícios acidentários e previdenciários por incapacidade funcional, representando um aumento de 29,63% em relação ao ano anterior (MTP, 2021).

Além do sofrimento psicofísico dos trabalhadores, a lombalgia ocupacional impõe elevado custo financeiro a governos, empregadores e à sociedade. No Japão, o ônus econômico em 2011 foi estimado em 82,14 bilhões de ienes (Itoh et al., 2013). No Brasil, entre 2012 e 2016, os custos diretos e indiretos somaram 2,2 bilhões de dólares, sendo 79% decorrentes de perdas de produtividade (Carregaro et al., 2020). Em 2017, os afastamentos por incapacidade funcional geraram custos de 244,7 milhões de euros na Holanda (Van der Wurf et al., 2021), enquanto na Espanha o valor alcançou 8,95 bilhões de euros, o equivalente a 0,68% do Produto Interno Bruto (PIB) (Alonso-García & Sarría-Santamera, 2020).

Para enfrentar esse cenário, a ergonomia fornece um arcabouço científico dedicado à adaptação do trabalho ao ser humano. Entretanto, métodos tradicionais de avaliação ergonômica apresentam limitações quanto à rapidez, precisão e aplicabilidade em contextos variados, sobretudo em atividades que exigem esforço físico intenso. Torna-se, portanto, pertinente investigar alternativas mais eficientes que possibilitem a identificação precoce de fatores de risco ergonômico em ambientes de trabalho operacional, onde a manipulação de cargas, a adoção de posturas inadequadas e a repetitividade de movimentos configuram elementos críticos para a saúde ocupacional.

Este estudo teve como objetivo desenvolver um aplicativo móvel baseado em modelo probabilístico para avaliação do risco de lombalgia ocupacional, visando um melhor direcionamento de ações que mitiguem o crescente fardo econômico e social associado a essa condição no Brasil. Embora já existam ferramentas computacionais para avaliação ergonômica, ainda são relativamente escassas as iniciativas que explorem o uso de smartphones na prevenção de distúrbios musculoesqueléticos em contextos laborais. Nesse sentido, justifica-se a condução de estudos que ampliem o uso de tecnologias móveis como ferramenta prática de apoio à promoção da saúde dos trabalhadores.

MECANISMOS DA LOMBALGIA OCUPACIONAL

As características ocupacionais tornam alguns trabalhadores mais propensos à lombalgia devido a forças mecânicas adicionais na coluna vertebral. Atividades que exigem movimentação de cargas e manutenção de posturas por longos períodos são fatores de risco. Frequentemente, trabalhadores assumem posturas inadequadas ao lidar com cargas pesadas, sem apoio, instáveis e de formas irregulares. A forma de agarrar a carga agrava o problema, pois, quanto mais distante do eixo do corpo, maiores as forças aplicadas na região lombar. A distância percorrida e o tempo da tarefa reduzem a capacidade física e favorecem posturas negligentes (Santos & Monteiro, 2017; Lee et al., 2021; Santos, Santos, & Monteiro, 2020; Santos et al., 2020; Santos & Monteiro, 2017).

No trabalho manual, o acúmulo de forças na coluna lombar se dá pelo peso corporal, peso da carga movimentada e tensões posturais. Nessas condições, os discos intervertebrais perdem rapidamente fluido e altura, comprometendo a absorção e distribuição das cargas, mesmo com o corpo ereto. Durante a flexão, extensão ou inclinação do tronco, forças compressivas agem de um lado do disco, enquanto as de tração atuam no oposto. Em rotações, forças de torção atuam no anel fibroso e forças de cisalhamento em sentido contrário (Hamill et al., 2014). Disfunções no complexo triarticular, causadas por essas forças, podem gerar dores agudas que, conforme o grau e tipo de lesão, tornam-se crônicas e causam danos irreversíveis, como hérnia discal, espondilólise e espondilolistese (Dydyk et al., 2022; Kusabara, 2020).

Estudos *in vitro* e *in vivo* quantificaram as forças mecânicas que atuam na coluna lombar de trabalhadores para reduzir ou eliminar as chances de ocorrência dessas lesões. Gordon et al. (1991) demonstraram que o movimento repetitivo de flexão e rotação em segmentos lombares de cadáveres causava a protrusão e extrusão dos discos intervertebrais por rupturas anulares após 13 horas. Esse resultado levantou a hipótese de que o anel fibroso é a primeira unidade a sofrer alterações patológicas. Outros experimentos em material cadavérico demonstraram que quando forças compressivas foram aplicadas ao segmento lombar, a placa terminal vertebral fraturou antes que o disco fosse lesionado (Adams & Dolan, 2016).

Modelagens computacionais também foram utilizadas para analisar o impacto biomecânico na coluna lombar. Gallagher e Marras (2012) identificaram forças de cisalhamento elevadas na articulação lombossacral, principalmente quando o levantamento de carga era assimétrico. Com o sacro inclinado a 30°, a força de cisalhamento correspondia a 50% do peso corporal; com 50°, subia para 75% mais o peso da carga. Assim, o limite de tolerância à força de cisalhamento deve ser de 1.000 N para levantamentos pouco frequentes (<100 cargas por dia) e 700 N para levantamentos frequentes (>100) (Hamill et al., 2014).

Em relação às forças de compressão e tração, embora o nível de segurança recomendado seja de 3.400 N, são necessários limites de resistência diferentes devido a fatores individuais e situacionais no local de trabalho (Hung et al., 2020). Modelos de elementos finitos de discos intervertebrais mostraram que a deformação do disco é diretamente proporcional ao aumento da carga aplicada na região posterior, evidenciando resistência à ruptura de aproximadamente 700 N (Arjun, Chandrashekar & Gopani, 2019). Em outros contextos de trabalho, os limites de tolerância às forças compressivas foram ultrapassados quando trabalhadores interagiram com cargas superiores a 20 quilogramas (Skals et al., 2021).

Hamill, Knutzen e Derrick (2014) alertam que, ao levantar cargas, as forças axiais nas vértebras lombares podem atingir até dez vezes o peso corporal, ultrapassando facilmente 3.000 N e chegando a 9.800 N antes de colapsar. Dessa forma, em tarefas que não podem ser eliminadas ou automatizadas, os pesos das cargas a serem manuseadas pelo trabalhador devem ser reduzidos à medida que a frequência de levantamento, a distância longitudinal e o tamanho da carga aumentam. No entanto, ao contrário do que se possa imaginar, reduzir o peso da carga ou conscientizar o trabalhador sobre o uso de técnicas de movimentação não é trivial.

Sowah et al. (2018) investigaram quais intervenções ergonômicas são mais utilizadas pelas organizações para prevenir a dor lombar. Os resultados mostraram que as intervenções vão desde o redesenho do local de trabalho até a modificação dos métodos das tarefas. Dispositivos assistivos, como suportes lombares, mostraram-se ineficazes; treinamento e modificações locais também apresentaram resultados limitados, enquanto a ginástica laboral reduziu desconforto em alguns casos. Achados semelhantes foram relatados por Dreischarf et al. (2016), Jiemjai et al. (2017), Larsen et al. (2020), Nolan et al. (2020), Roman-Liu, Kamińska e Tokarski (2020), Stevens et al. (2019) e Verbeek et al. (2011), evidenciando que ainda não há consenso na literatura sobre a melhor forma de prevenir a lombalgia ocupacional.

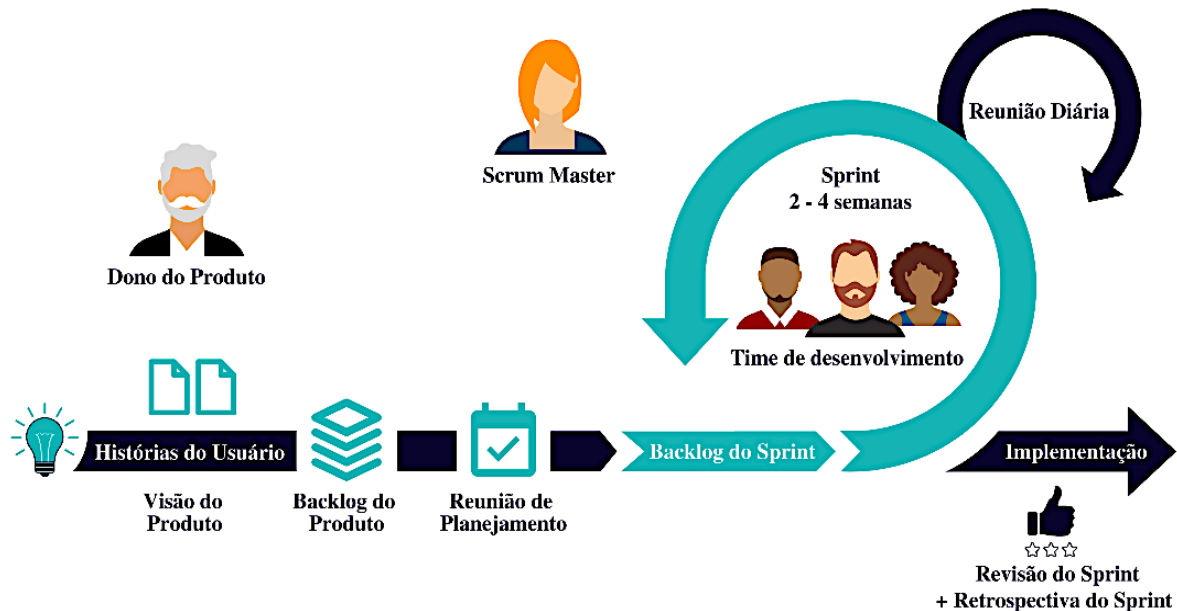
Nesse contexto, soluções digitais móveis representam uma oportunidade promissora para suprir essas lacunas, permitindo a aplicação de modelos preditivos capazes de estimar o risco de lombalgia ocupacional a partir de variáveis individuais e ocupacionais. Tais sistemas podem fornecer avaliações rápidas, parametrizadas e orientadas por evidências, permitindo ajustes no posto de trabalho, modificação de tarefas ou orientação personalizada aos trabalhadores, com potencial para apoiar decisões preventivas e corretivas em saúde ocupacional.

MÉTODOS

Este estudo adota um delineamento metodológico estruturado, iniciando-se por um levantamento bibliográfico sistematizado destinado a mapear o estado da arte, identificar lacunas conceituais e fundamentar o desenvolvimento da solução proposta. A pesquisa é classificada como aplicada, pois busca resolver um problema concreto relacionado à prevenção de lombalgia ocupacional. Também se enquadra como pesquisa tecnológica, dado que envolve o desenvolvimento de um artefato técnico, um aplicativo móvel, ancorado em princípios científicos. A abordagem adotada é quantitativa, sustentada pelo emprego de um modelo matemático previamente validado para estimar a probabilidade de ocorrência de lesão associada ao manuseio de cargas (Gil, 2022). Esse modelo constitui o núcleo analítico do estudo e confere objetividade mensurável aos resultados obtidos.

O desenvolvimento do aplicativo seguiu uma abordagem de engenharia de *software* orientada a serviços, estruturada em ciclos iterativos de implementação e teste, e utilizando *Scrum* como metodologia ágil para organizar e acompanhar o ciclo de desenvolvimento (Schwaber & Sutherland, 2020) (Figura 1). Para assegurar clareza e rastreabilidade nos artefatos de *software*, a modelagem do sistema foi realizada utilizando *Unified Modeling Language* (UML), permitindo a documentação formal de entidades de dados, fluxos de informação, funcionalidades do sistema e processos operacionais.

Figura 1. Etapas do processo de desenvolvimento do aplicativo móvel



Fonte: Adaptado de Gomes (2021).

O sistema foi projetado em duas camadas principais: *frontend* e *backend*. O *frontend* constituiu a camada de interface com o usuário, responsável pela captura e validação dos dados, bem como pela apresentação de resultados. Foi implementado em *React Native*, com suporte ao *framework Expo*, garantindo compatibilidade nativa com dispositivos *Android* e *iOS*. A navegação entre telas foi estruturada com *Expo Router*, enquanto a gestão de estados e lógica central do aplicativo foi realizada por meio de *Hooks* e da *Context API*, assegurando consistência e integridade na manipulação de dados e no controle de autenticação. A codificação foi conduzida no Ambiente de Desenvolvimento Integrado (IDE) *Visual Studio Code*, utilizando *JavaScript* e *TypeScript*, com recursos avançados de depuração e integração. O *backend* foi responsável pelo processamento de dados e a lógica do aplicativo por meio de uma *API RESTful*, implementada em *Node.js* com o *framework Express*. Os dados foram armazenados em um banco de dados relacional *PostgreSQL*, escolhido por sua confiabilidade, integridade e escalabilidade. O *backend* também integrou o modelo preditivo de lombalgia, permitindo que os dados inseridos pelo usuário no *frontend* fossem processados de forma automatizada e convertidos em estimativas probabilísticas do risco de lombalgia ocupacional. A predição do risco baseia-se em um modelo matemático desenvolvido e validado por Santos e Monteiro (2020), que utiliza variáveis individuais e ocupacionais dos trabalhadores para estimar a probabilidade de ocorrência de lombalgia em atividades de manuseio de cargas. Para implementação no aplicativo móvel, a equação preditiva foi incorporada diretamente à lógica do sistema, de modo que os dados inseridos pelo usuário são processados automaticamente, retornando à probabilidade do desfecho.

O modelo original foi construído a partir de uma amostra de 84 trabalhadores de diferentes ramos produtivos, utilizando regressão logística múltipla para quantificar a associação entre as variáveis de risco. A Equação (1) expressa a razão de chances de um trabalhador desenvolver lombalgia, enquanto a Equação (2) permite estimar diretamente a probabilidade do desfecho (0–100%).

$$g(X) = -271 + 1,85X_a + 2,83X_b + 1,54X_c + 1,39X_d + 1,21X_e + 0,85X_f + 0,77X_g + 0,63X_h + 0,45X_i + 0,29X_j + 0,13X_k \quad (1)$$

$$P(Y) = \frac{1}{1 + e^{-g(X)}} \quad (2)$$

Em que:

$g(X)$: $X(a = \text{idade [anos]}; b = \text{unitização de cargas [nº]}; c = \text{pega da embalagem [0 = não possui e 1 = possui]}; d = \text{ângulo de flexão de tronco [°]}; e = \text{ângulo de rotação de tronco [°]}; f = \text{distância percorrida [m]}; g = \text{frequência de levantamentos [levs/min]}; h = \text{peso da carga [kg]}; i = \text{jornada de trabalho [h]}; j = \text{tempo de serviço [anos]}; k = \text{peso [kg]}).$

$P(Y)$: Probabilidade de o trabalhador desenvolver lombalgia em função da movimentação manual de cargas.

A metodologia utilizada por Santos e Monteiro (2020) para validar a equação preditiva foi estruturada em três etapas:

- Validação interna:** comparou-se a presença ou ausência de lombalgia ocupacional, relatada pelos trabalhadores, com as probabilidades estimadas pelo aplicativo;
- Validação externa:** uma amostra aleatória de trabalhadores, que não participou do estudo, foi utilizada para estimar as probabilidades do desfecho. Nessa análise, os “casos” correspondem aos trabalhadores que relataram lombalgia ocupacional, enquanto os “controles” correspondem àqueles que não apresentaram o desfecho. Os resultados indicaram que 100% dos casos e 93% dos controles foram corretamente classificados, alcançando uma taxa de acerto global de 96,7%;
- Análise de desempenho preditivo:** avaliou-se a precisão da equação como classificador binário por meio de curvas logística e ROC, permitindo verificar sensibilidade, especificidade e acurácia preditiva. A Área Sob a Curva (ASC) obtida foi de 0,90 (IC 95% = 0,82–0,99; $p < 0,001$).

O desenvolvimento das recomendações do aplicativo seguiu um processo estruturado, baseado em normas e diretrizes internacionais e nacionais voltadas à ergonomia e à segurança ocupacional. As principais referências foram: i) *National Institute for Occupational Safety and Health* (NIOSH); ii) Norma Regulamentadora nº 17 (NR-17); iii) NBR ISO 11228-1:2021 – *Ergonomics: Manual Handling*; iv) *Occupational Safety and Health Administration* (OSHA). Dessa forma, o aplicativo integra o modelo preditivo às recomendações ergonômicas, permitindo estimar o risco de lombalgia e fornecer orientações práticas e individualizadas para ajustes no posto de trabalho e técnicas de manuseio de cargas, promovendo uma abordagem preventiva e baseada em evidências para a saúde ocupacional.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

PROJETO DO APLICATIVO MÓVEL

Os requisitos funcionais definem as operações essenciais para o correto funcionamento do aplicativo, abrangendo desde o registro estruturado de informações do trabalhador e do posto de trabalho até a geração de relatórios analíticos detalhados. O Quadro 1 apresenta os requisitos funcionais do aplicativo, incluindo seus códigos, identificações e descrições, evidenciando a estrutura operacional que sustenta o ciclo completo de execução da aplicação.

Quadro 1. Requisitos funcionais da aplicação

Código	Identificação	Descrição
RF01	Registrar conta	Registra os dados do usuário para estar apto a ter acesso à aplicação
RF02	Fazer <i>login</i>	Obtém acesso à aplicação e suas funcionalidades através do <i>e-mail</i> e senha
RF03	Gerenciar pesquisa de avaliação	Cadastra, visualiza, altera e exclui pesquisas de avaliação de trabalhadores
RF04	Gerenciar avaliação	Cadastra, visualiza, altera e exclui a avaliação do trabalhador
RF05	Calcular risco	Calcula o risco de lesão por manuseio de carga de um trabalhador
RF06	Visualizar recomendações da avaliação	Visualiza as recomendações para o trabalhador a partir do resultado do cálculo de risco da avaliação
RF07	Emitir relatório de avaliação	Emite o relatório de avaliação dos trabalhadores de acordo com as pesquisas cadastradas
RF08	Visualizar informações sobre o sistema	Visualiza informações pertinentes sobre o sistema

Fonte: Autores (2025).

Os requisitos não funcionais definem os critérios de qualidade e as restrições sob as quais o sistema deve operar. Eles são essenciais para garantir a robustez e a boa experiência para o usuário, abordando aspectos como usabilidade, desempenho e tecnologias de implementação. O Quadro 2 apresenta os requisitos não funcionais identificados para o sistema, acompanhados de seus respectivos códigos, identificações, categorias e descrições.

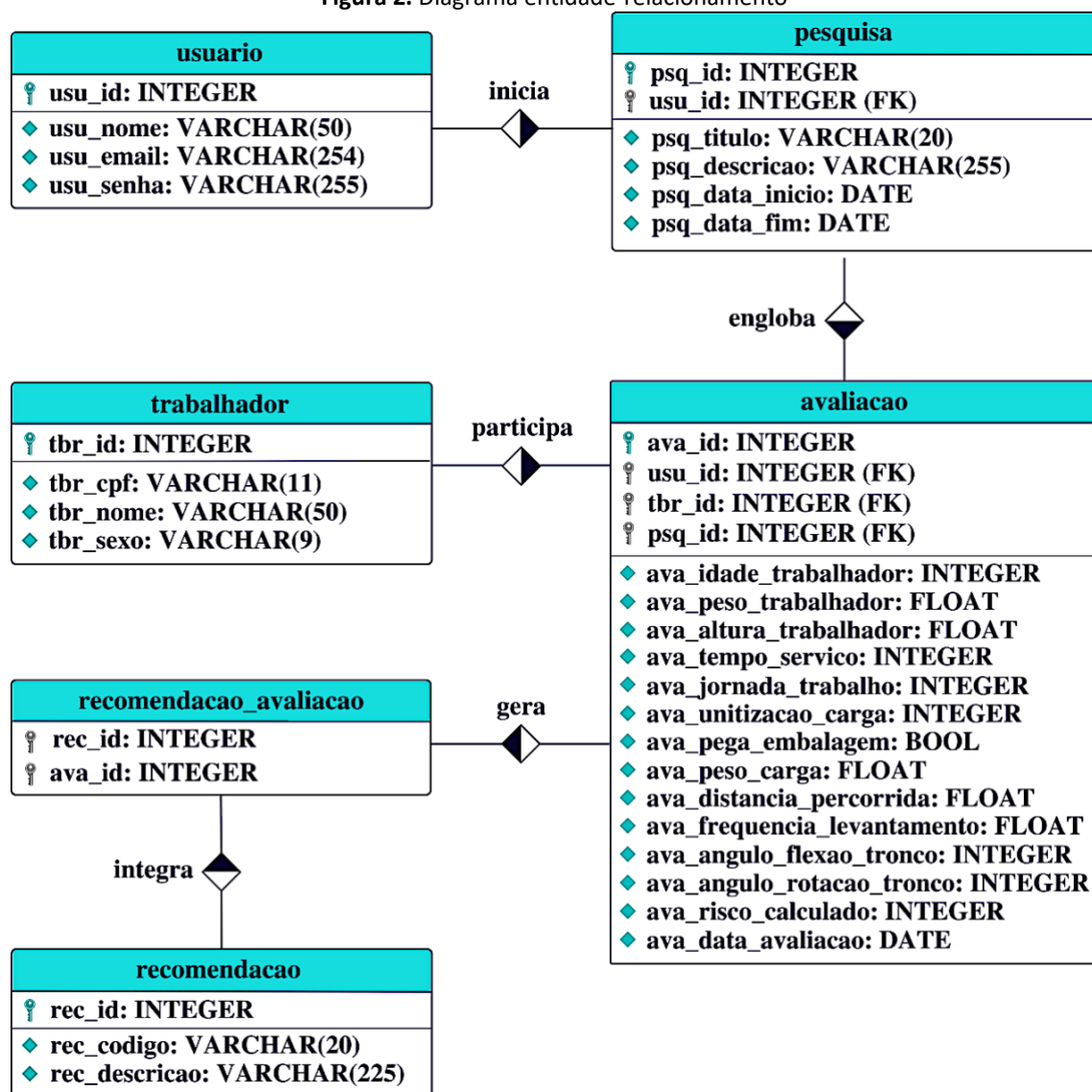
Quadro 2. Requisitos não funcionais da aplicação

Código	Identificação	Categoria	Descrição
RNF01	Interface otimizada	Usabilidade	A interface do sistema deve ser simplificada e direta, de modo que seja possível fazer uma avaliação do trabalho em poucos cliques
RNF02	Alto desempenho	Desempenho	A aplicação não deve exceder em mais de 3 segundos no carregamento de páginas, cálculos ou outras funções quaisquer do sistema
RNF03	Armazenamento no <i>PostgreSQL</i>	Implementação	O <i>PostgreSQL</i> deve ser implementado para o armazenamento de dados e contas dos usuários
RNF04	Acesso à informação	Acessibilidade	O ícone da página de informações sobre o sistema deve ser acessível em todos os ambientes do aplicativo, com a capacidade de sobrepor a atual tela

Fonte: Autores (2025).

O diagrama entidade-relacionamento da aplicação ilustra a estrutura conceitual dos dados e as relações entre as entidades do sistema, garantindo integridade referencial por meio de chaves primárias e estrangeiras (Figura 2).

Figura 2. Diagrama entidade-relacionamento



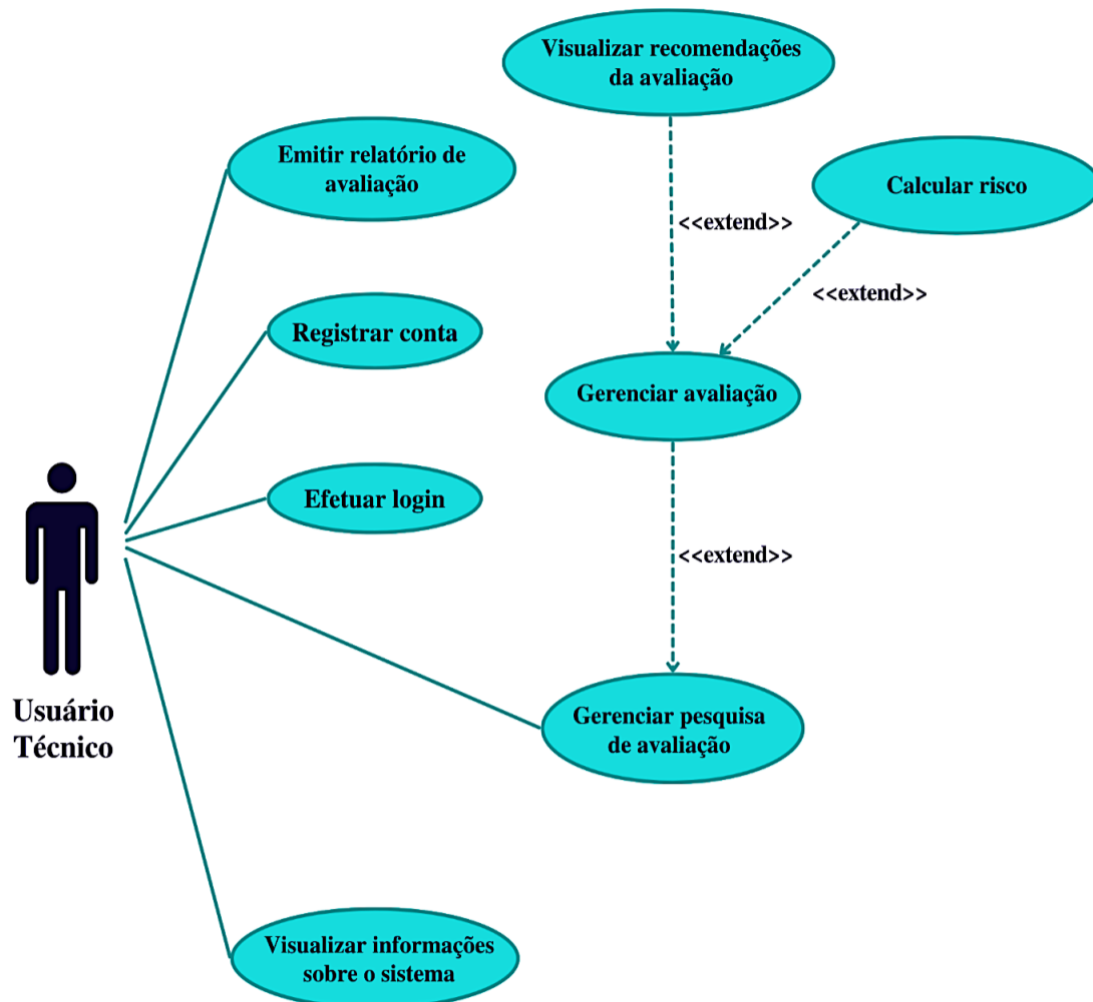
Fonte: Autores (2025).

A entidade “usuario” armazena informações de identificação e autenticação dos operadores do sistema. A entidade “pesquisa” representa levantamentos específicos vinculados a um usuário, agregando avaliações realizadas em diversos trabalhadores. A entidade “trabalhador” armazena informações cadastrais essenciais, permitindo associar cada indivíduo às avaliações correspondentes. A entidade “avaliação” constitui o núcleo do modelo, armazenando as variáveis necessárias ao cálculo da prevalência de lombalgia, bem como o resultado do risco calculado e a data da avaliação, assegurando rastreabilidade temporal. Por fim, o processo de recomendação é representado pelas entidades “recomendacao” e “recomendacao_avaliacao”, sendo a primeira responsável pelo conjunto de recomendações ergonômicas padronizadas, enquanto a segunda implementa a relação muitos-para-muitos (N:M) entre avaliações e recomendações, permitindo a associação de múltiplas orientações a cada avaliação específica.

O Diagrama de casos de uso ilustra as interações do usuário com o aplicativo, destacando as principais funcionalidades do sistema e o mapeamento entre dados processados no *backend* e operações acessíveis no *frontend*. O usuário pode registrar conta, efetuar login, visualizar informações do sistema, gerenciar pesquisas de avaliação e gerenciar avaliações, incluindo o cálculo de risco, a visualização de recomendações e a emissão de relatórios.

A gestão da sessão é efetuada por *tokens JWT (JSON Web Token)*, assegurando integridade, confidencialidade e rastreabilidade das requisições. As relações de extensão <<extend>> indicam que determinadas funcionalidades são acionadas de forma complementar às operações de gerenciamento de avaliação. O diagrama da Figura 3 fornece uma visão estruturada do fluxo operacional e da arquitetura funcional do aplicativo, demonstrando como os requisitos funcionais são contemplados de forma integrada.

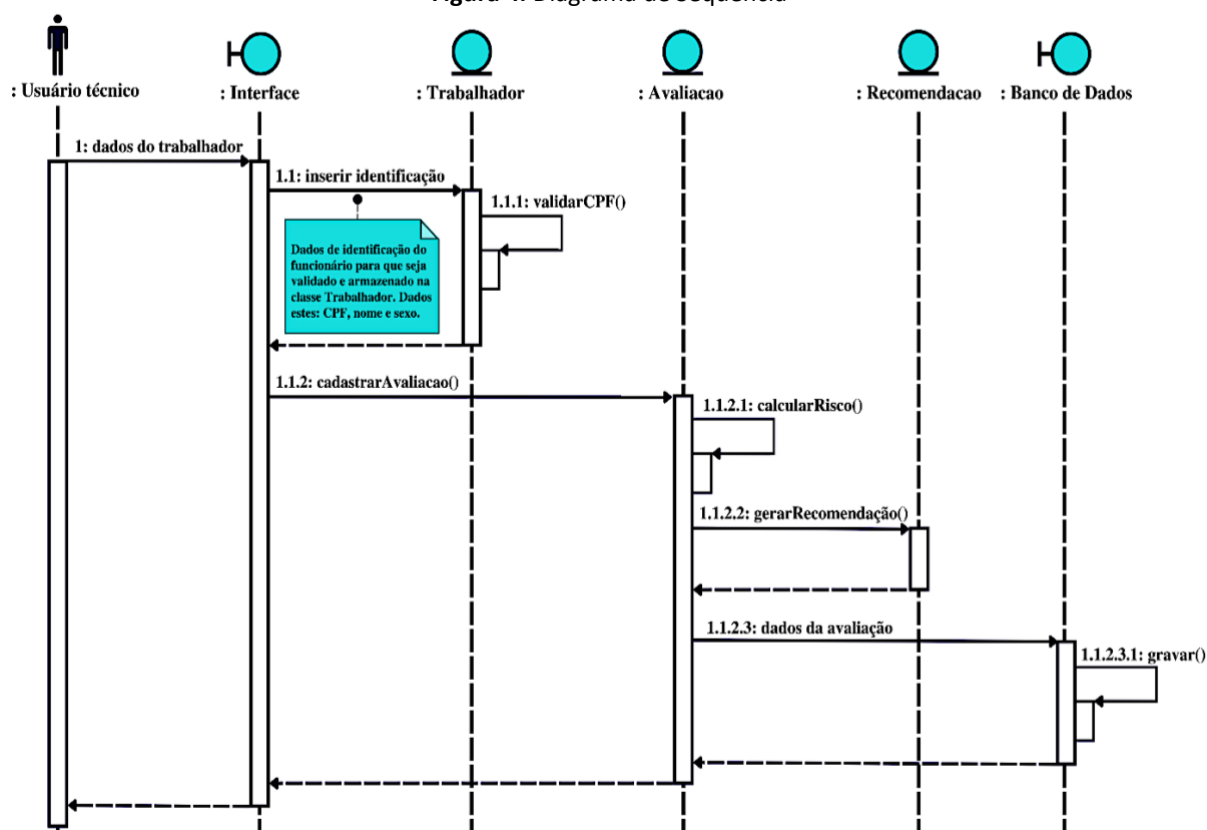
Figura 3. Diagrama de Caso de Uso



Fonte: Autores (2025).

O Diagrama de sequência complementa a visão funcional, representando o comportamento dinâmico do aplicativo durante a inserção de uma nova avaliação. O fluxo inicia com a entrada dos dados do trabalhador, seguida pela validação do CPF (`validarCPF()`) e pelo registro da avaliação (`cadastrarAvaliacao()`). Em seguida, o sistema executa métodos de cálculo de risco (`calcularRisco()`) e geração de recomendações (`gerarRecomendacao()`), demonstrando a interação entre os objetos “Avaliacao” e “Recomendacao”, antes da persistência dos dados no “Banco de Dados”. O diagrama apresentado na Figura 4 evidencia a sequência de operações necessárias para transformar dados brutos em estimativas de risco e recomendações ergonômicas.

Figura 4. Diagrama de Sequência



Fonte: Autores (2025).

O módulo de recomendações do aplicativo foi desenvolvido com base em uma lógica orientada a regras, permitindo gerar orientações ergonômicas individualizadas a partir dos dados de cada trabalhador. A lógica central recebe como entrada variáveis antropométricas, biomecânicas e ocupacionais, incluindo idade, peso, altura, tempo de serviço, jornada de trabalho, frequência de levantamentos, ângulos de flexão e rotação do tronco, unitização da carga, tipo de pega e distância percorrida. Cada variável é categorizada em níveis de risco específicos, previamente definidos a partir de normas e diretrizes reconhecidas, como NR-17, ISO 11228-1 e recomendações do NIOSH, e associada a ações corretivas ou preventivas.

O sistema consolida os riscos individuais em um índice global, convertido em três níveis de alerta: baixo (até 30%), moderado (30,1% a 60%) e alto (acima de 60%). Cada nível de alerta é vinculado a recomendações práticas, incluindo ajustes na técnica de levantamento, pausas programadas, limitação de peso, rodízio de tarefas e utilização de equipamentos auxiliares. No *backend*, a implementação é realizada por meio de funções de avaliação que percorrem os registros de cada avaliação, aplicando estruturas de decisão condicionais (*if/else*) para classificar as variáveis de risco e armazenando os resultados em tabelas consultáveis pela interface do usuário.

O módulo de recomendações foi validado utilizando uma base de dados simulados de 1.000 trabalhadores, contemplando diferentes perfis ocupacionais. A validação confirmou que as avaliações foram corretamente categorizadas nos níveis de alerta, assegurando a precisão na integração entre o modelo preditivo e as orientações ergonômicas. O Quadro 3 sintetiza a estrutura das recomendações, estabelecendo de forma explícita a relação entre os dados de entrada, suas categorias de risco e as orientações ergonômicas geradas pelo sistema.

Quadro 3. Síntese das recomendações ergonômicas

Variável	Categoria	Risco	Recomendações
Idade (anos)	<30	Capacidade física alta, risco menor	Levantamento com técnica correta, joelhos dobrados, coluna neutra; treinamentos ergonômicos regulares
	30–50	Degeneração discal inicial	Reduzir peso da carga em 20%; avaliações ergonômicas anuais
	>50	Vulnerabilidade maior	Evitar cargas >10 kg; uso de equipamentos mecânicos
Unitização de cargas	1 item	Sobrecarga baixa	Peso dentro do limite recomendado; carga entre cintura e ombros
	2–3 itens	Sobrecarga moderada	Transporte manual só em <2 m; pausas a cada hora; usar carrinhos
	>3 itens	Sobrecarga alta	Evitar transporte manual; usar empilhadeiras/carrinhos
Pega da embalagem	Sem pega	Instabilidade na preensão	Adaptar com alças; luvas antiderrapantes; peso ≤7 kg
	Com pega	Estável	Segurar próximo ao corpo; alças confortáveis
Ângulo de flexão do tronco (°)	0–20	Baixo	Coluna neutra, técnica correta de agachamento
	20–45	Moderado	Reduzir peso 20%; elevar cargas; pausas de 10 min/h
	>45	Alto	Reduzir peso 50% (≤10 kg); evitar flexão excessiva; usar equipamentos
Ângulo de rotação do tronco (°)	<15	Baixo	Gire com corpo inteiro, não apenas a cintura
	16–30	Moderado	Reduzir peso 20%; pausas de 5 min a cada 30 min
	>30	Alto	Reduzir peso 50% (≤7 kg); reorganizar layout; usar bandejas giratórias
Distância percorrida (m)	<5	Curta	Carga próxima ao corpo; superfícies elevadas
	5–10	Média	Usar carrinhos; peso ≤10 kg; pausas de 5 min/h
	>10	Longa	Automatizar transporte; carga ≤7 kg
Frequência de levantamentos (lev/min)	<1	Baixa	Pausas 10 min a cada 2 h
	5–8	Moderada	Reduzir peso 30%; pausas 5 min/h; rodízio de tarefas
	>12	Alta	Automatizar; peso ≤7 kg; pausas 10 min a cada 30 min
Peso da carga (kg)	≤20	Baixo	Levantar-se com técnica correta; carga próxima ao corpo
	21–30	Moderado	Reduzir frequência; usar carrinhos; pausas 10 min/h
	>31	Alto	Usar equipamentos mecânicos; peso ≤10 kg; pausas 15 min/h
Jornada de trabalho (h/dia)	≤8	Normal	Pausas 10 min a cada 2 h; alongamentos
	8,1–10	Longa	Pausas 15 min a cada 90 min; rodízio de tarefas
	>10	Muito longa	Limitar a 6 h; alternar tarefas leves; pausas 20 min/h
Tempo de serviço (anos)	<5	Baixo	Treinamentos regulares; fortalecimento da coluna
	6–10	Médio	Exames médicos anuais; reduzir exposição a levantamento frequente
	>10	Alto	Evitar cargas >10 kg; treinamentos e exames médicos regulares
Peso corporal (kg)	≤70 (homens) / ≤60 (mulheres)	Normal	Seguir orientações gerais; manter atividade física regular
	70–90 / 60–80	Moderado	Evitar posturas extremas; reduzir carga 20%; pausas extras; exercícios lombares
	>90 / >80	Alto	Evitar cargas >10 kg; priorizar apoio postural; uso de equipamentos; acompanhamento médico/fisioterápico

Fonte: Elaborado pelos autores a partir das diretrizes do NIOSH, NR-17, OSHA e NBR ISO 11228-1 (2025).

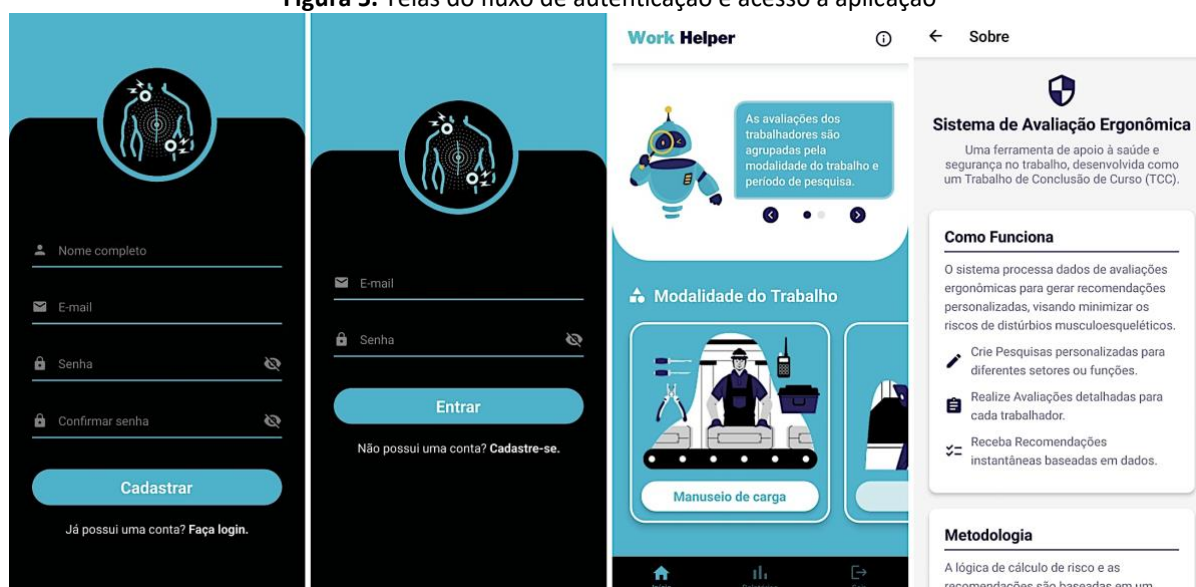
APRESENTAÇÃO DO APLICATIVO MÓVEL

O *Work Helper* é uma ferramenta desenvolvida para a avaliação e prevenção de riscos de lombalgia ocupacional. Sua proposta é fornecer uma plataforma de avaliação rápida, precisa e baseada em evidências que permita identificar, quantificar e reduzir fatores de risco de forma integrada. O aplicativo constitui um avanço na aplicação de tecnologias digitais ao campo da ergonomia, oferecendo uma solução técnica que aproxima o conhecimento científico da prática profissional em ambientes produtivos.

Ao unir usabilidade e acessibilidade, o aplicativo se apresenta como uma ferramenta de apoio a gestores de saúde ocupacional que buscam decisões fundamentadas em dados para reduzir afastamentos e melhorar a qualidade de vida dos trabalhadores.

O acesso ao aplicativo ocorre por meio de um fluxo de autenticação seguro, no qual o usuário cria uma conta fornecendo informações de identificação e credenciais de acesso (Figura 5). O sistema verifica a unicidade do endereço de e-mail e a complexidade da senha, assegurando conformidade com os padrões de segurança. Ao acessar o sistema, o usuário é direcionado à tela principal, na qual seleciona a modalidade de trabalho "Manuseio de carga" para visualizar a lista de pesquisas existentes. A arquitetura de dados foi estruturada em níveis hierárquicos, permitindo o agrupamento de avaliações em pesquisas específicas dentro dessa modalidade, o que favorece a contextualização e a segmentação analítica das informações.

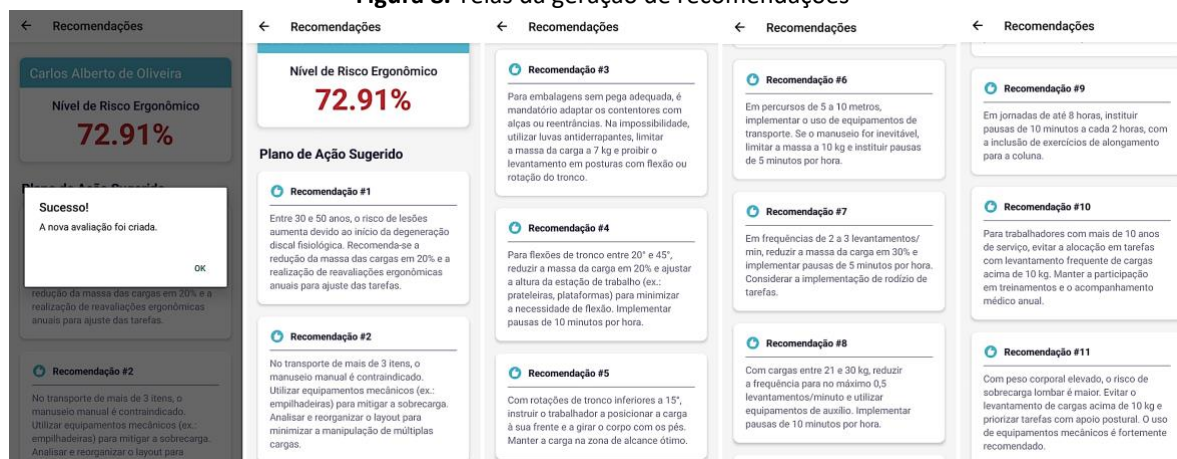
Figura 5. Telas do fluxo de autenticação e acesso à aplicação



Fonte: Autores (2025).

Cada pesquisa funciona como um contêiner para o agrupamento de avaliações, permitindo organizar os dados conforme setor, período ou projeto específico. A partir da interface de gerenciamento de pesquisas, o usuário pode criar, visualizar, alterar ou excluir registros, garantindo controle sobre os conjuntos de avaliações armazenados no sistema (Figura 6). Dentro de cada pesquisa, a tela de avaliações apresenta todos os trabalhadores associados, possibilitando o início de novos registros ou a consulta de avaliações existentes. O formulário de cadastro de avaliação requer o preenchimento das 11 variáveis de entrada essenciais para o cálculo do risco de lombalgia (Figura 7). Essa estrutura permite estimar a probabilidade de ocorrência de dor lombar considerando múltiplos fatores de exposição, integrando características individuais do trabalhador e condições específicas de execução das tarefas.

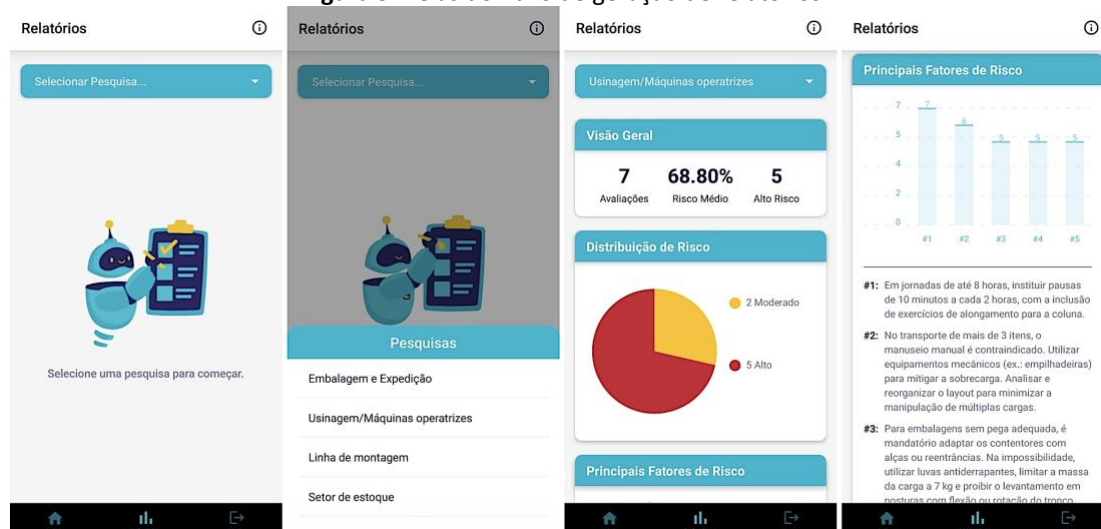
Figura 8. Telas da geração de recomendações



Fonte: Autores (2025).

O sistema assegura rastreabilidade completa de cada avaliação, registrando dados inseridos, cálculo de risco e recomendações geradas. Esse modelo permite consultas individuais e a geração de relatórios agregados que apoiam decisões ergonômicas e estratégias preventivas. A implementação segue princípios de programação escalável, com validações automáticas, tratamento de exceções, incluindo inconsistências de dados e ausência de conexão com a internet, e separação entre lógica de negócios e interface, garantindo robustez e confiabilidade na geração das recomendações. Além disso, o sistema apresenta gráficos que evidenciam a distribuição do risco entre os trabalhadores e os principais fatores de risco identificados nas recomendações mais frequentes, fornecendo informações estratégicas para a gestão ergonômica (Figura 9).

Figura 9. Telas do fluxo de geração de relatórios



Fonte: Autores (2025).

A estrutura funcional do *Work Helper*, incluindo cálculo probabilístico de risco e geração automatizada de recomendações ergonômicas, demonstra aderência direta às lacunas identificadas na literatura. Bitencourte e Rendeiro (2021) destacaram que a maioria dos aplicativos de ergonomia disponíveis nas lojas virtuais possui caráter predominantemente informativo, sem incorporar métodos analíticos capazes de estimar risco com base em variáveis ocupacionais mensuráveis. Os resultados apresentados neste estudo avançam nesse ponto ao integrar, em um ambiente móvel, um modelo probabilístico validado, alinhado às recomendações defendidas por Dreischarf et al. (2016) e Jiemjai et al. (2017) sobre a necessidade de métodos quantitativos de avaliação biomecânica.

A precisão adquirida pelo modelo utilizado no aplicativo, originalmente proposto por Santos e Monteiro (2020), é coerente com evidências de que a lombalgia ocupacional resulta da combinação de fatores biomecânicos como flexão, rotação, carga e frequência de levantamentos (Hamill et al., 2014; Gallagher & Marras, 2012). A lógica implementada no *Work Helper* reflete este entendimento ao calcular o risco final como função conjunta dessas variáveis, o que proporciona maior sensibilidade na predição de cenários críticos, aspecto igualmente enfatizado por Hung et al. (2020) ao tratar de limiares biomecânicos de compressão e cisalhamento.

A integração de diretrizes da NR-17, NIOSH, ISO 11228-1 e OSHA no algoritmo de recomendações reforça a coerência normativa do sistema. Considerando que a literatura demonstra ampla variabilidade de limites biomecânicos recomendados (Arjun et al., 2019; Skals et al., 2021), a conversão de variáveis contínuas em categorias de risco, seguida de recomendações padronizadas, fornece um arcabouço consistente para tomada de decisão. Isso contribui para superar a limitação apontada por Verbeek et al. (2011) sobre a falta de padronização na aplicação prática de recomendações ergonômicas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo teve como objetivo desenvolver um aplicativo móvel baseado em modelo probabilístico para avaliação do risco de lombalgia ocupacional, denominado *Work Helper*. Os achados demonstraram a viabilidade de integrar avaliação preditiva de risco com recomendações ergonômicas individualizadas em uma plataforma móvel. O aplicativo permitiu o registro estruturado de dados, o cálculo de riscos com base em variáveis antropométricas, biomecânicas e ocupacionais, e a geração de recomendações práticas alinhadas a normas reconhecidas. Essa abordagem evidencia o potencial de ferramentas digitais para apoiar decisões preventivas e corretivas em saúde ocupacional, promovendo análise quantitativa de riscos e orientação personalizada aos trabalhadores.

Entre as limitações identificadas neste estudo, destaca-se que o modelo preditivo de risco de lombalgia utilizado no aplicativo foi desenvolvido por terceiros, de modo que a acurácia do cálculo depende das premissas e validações originais do modelo. A validação do *Work Helper* foi realizada com dados simulados, restringindo a generalização imediata dos resultados para populações reais e configurando os achados como uma prova de conceito. Além disso, a eficácia do sistema de recomendações na redução efetiva de lombalgia ainda requer confirmação em estudos longitudinais e intervenções em campo. A integração com outros sistemas corporativos de saúde e segurança não foi explorada nesta etapa.

Apesar dessas limitações, este estudo traz contribuições relevantes. A proposta do aplicativo preenche lacunas existentes na literatura e na prática profissional, ampliando a aplicação de soluções digitais em ergonomia e prevenção de distúrbios musculoesqueléticos. Demonstra, ainda, como a combinação de modelos preditivos, lógica orientada a regras e tecnologias móveis pode gerar dados operacionais significativos, assegurar rastreabilidade, padronização e personalização das recomendações. Espera-se que a utilização do *Work Helper* possa apoiar a redução de afastamentos, otimizar processos produtivos e promover a saúde e a qualidade de vida dos trabalhadores.

Como perspectivas para o aprimoramento futuro do aplicativo, destacam-se quatro direções estratégicas. Primeiramente, a expansão para outras modalidades de trabalho, permitindo a inclusão de atividades sedentárias ou posturas estáticas por meio da integração de novos modelos preditivos e recomendações específicas. Em segundo lugar, a implementação de funcionalidades de exportação de relatórios gerenciais em formatos como PDF ou planilhas, facilitando a documentação, o compartilhamento com a gestão e a conformidade com auditorias de saúde e segurança do trabalho. A terceira direção envolve a incorporação de um

módulo educativo no aplicativo, contendo vídeos e guias visuais que demonstrem técnicas corretas de levantamento e posturas recomendadas, promovendo treinamento contínuo dos trabalhadores. Por fim, a integração com dispositivos vestíveis possibilitaria a coleta de dados posturais em tempo real, aumentando a precisão das avaliações e a efetividade das intervenções preventivas.

REFERÊNCIAS

- Adams, M. A., & Dolan, P. (2016). Lumbar Intervertebral Disk Injury, Herniation and Degeneration. In *Advanced Concepts in Lumbar Degenerative Disk Disease* (23–39). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-662-47756-4_3
- Alonso-García, M., & Sarría-Santamera, A. (2020). The economic and social burden of low back pain in Spain. *Spine*, 45(16), E1026-E1032. <https://doi.org/10.1097/BRS.0000000000003476>
- Arjun, S. I. R., Chandrashekara, C. V., & Gopani, P. (2019). Fracture strength estimation of L3-L4 intervertebral disc using FEA. *Vibroengineering PROCEDIA*, 27, 67-72. <https://doi.org/10.21595/vp.2019.20976>
- Bitencourte, A., & Rendeiro, M. M. P. (2021). Análise dos aplicativos móveis informativos de ergonomia para informação e aplicação da ergonomia no trabalho. *Revista de Saúde Digital e Tecnologias Educacionais*, 6(1), 1-12. <https://doi.org/https://doi.org/10.36517/resdite.v6.n1.2021.a1>
- Brasil. Portaria nº 2.309, de 28 de agosto de 2020. (2020). altera a portaria de consolidação nº 5/GM/MS, de 28 de setembro de 2017, e atualiza a Lista de Doenças Relacionadas ao Trabalho (LDRT). *Diário Oficial da União*, 168(1), 40.
- Carregaro, R. L., Tottoli, C. R., Rodrigues, D. da S., Bosmans, J. E., Silva, E. N., & Van Tulder, M. (2020). Low back pain should be considered a health and research priority in Brazil: lost productivity and healthcare costs between 2012 to 2016. *Plos One*, 15(4), e0230902. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0230902>
- Dreischarf, M., Shirazi-Adl, A., Arjmand, N., Rohlmann, A., & Schmidt, H. (2016). Estimation of loads on human lumbar spine: A review of in vivo and computational model studies. *Journal of Biomechanics*, 49(6), 833-845. <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2015.12.038>
- Dydyk, A. M., Massa, R. N., & Mesfin, F. B. (2022). *Disc Herniation*. StatPearls. Recuperado de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK441822/>
- Fatoye, F., Gebrye, T., & Odeyemi, I. (2019). Real-world incidence and prevalence of low back pain using routinely collected data. *Rheumatology International*, 39(4), 619-626. <https://doi.org/10.1007/s00296-019-04273-0>
- Gallagher, S., & Marras, W. S. (2012). Tolerance of the lumbar spine to shear: a review and recommended exposure limits. *Clinical Biomechanics*, 27(10), 973-978. <https://doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2012.08.009>
- Gil, A. C. (2022). Como elaborar projetos de pesquisa (7ª). *Atlas*.
- Gomes, S. (2021). *Entrega ágil com Scrum*. Recuperado de <https://dev.to/stanley/entrega-agil-com-scrum-4bn9>
- Gordon, S. J., Yang, K. H., Mayer, P. J., Mace, A. H., Kish, V. L., & Radin, E. L. (1991). Mechanism of disc rupture. *Spine*, 16(4), 450-456. <https://doi.org/10.1097/00007632-199104000-00011>
- Hamill, J., Knutzen, K. M., & Derrick, T. (2014). Biomechanical basis of human movement (4th ed.). *Lippincott Williams & Wilkins*.
- Hung, I. Y.-J., Shih, T. T.-F., Chen, B.-B., Liou, S.-H., Ho, I.-K., & Guo, Y. L. (2020). The roles of lumbar load thresholds in cumulative lifting exposure to predict disk protrusion in an Asian population. *BMC Musculoskeletal Disorders*, 21(1), 169. <https://doi.org/10.1186/s12891-020-3167-y>
- Itoh, H., Kitamura, F., & Yokoyama, K. (2013). Estimates of annual medical costs of work-related low back pain in Japan. *Industrial Health*, 51(5), 524-529. <https://doi.org/10.2486/indhealth.2013-0042>
- Jiemjai, C., Charoenporn, N., Khruakhorn, S., & Kooncumchoo, P. (2017). D2-1 L4/L5 disc compression force in phases of manual human handling. *The Japanese Journal of Ergonomics*, 53(Supplement2), S388-S390. <https://doi.org/10.5100/jje.53.S388>
- Kusabara, R. (2020). *Espondilose, espondilólise, espondilolistese e espondilite – qual a diferença?* Recuperado de <https://renekusabara.com.br/diferenca-entre-espondilose-espondilolise-e-espondilite/>
- Larsen, F. G., Svenningsen, F. P., Andersen, M. S., de Zee, M., & Skals, S. (2020). Estimation of spinal loading during manual materials handling using inertial motion capture. *Annals of Biomedical Engineering*, 48(2), 805-821. <https://doi.org/10.1007/s10439-019-02409-8>
- Lee, S., Heo, S., & Lee, J.-Y. (2021). A pilot study to assess a risk of a high-risk group of low back pain membership in workers who perform the manual material handling tasks. *Annals of Occupational and Environmental Medicine*, 33(1). <https://doi.org/10.35371/aoem.2021.33.e34>

- MTP. (2021). *Dados estatísticos – Saúde e segurança do trabalhador*. Recuperado de <https://www.gov.br/trabalho-e-previdencia/pt-br/assuntos/previdencia-social/saude-e-seguranca-do-trabalhador/dados-de-acidentes-do-trabalho>
- Nascimento, P. R. C., & Costa, L. O. P. (2015). Prevalência da dor lombar no Brasil: uma revisão sistemática. *Cadernos de Saúde Pública*, 31(6), 1141-1156. <https://doi.org/10.1590/0102-311X00046114>
- Nolan, D., O'Sullivan, K., Newton, C., Singh, G., & Smith, B. E. (2020). Are there differences in lifting technique between those with and without low back pain? A systematic review. *Scandinavian Journal of Pain*, 20(2), 215-227. <https://doi.org/10.1515/sjpain-2019-0089>
- Popescu, A., & Lee, H. (2020). Neck Pain and lower back pain. *Medical Clinics of North America*, 104(2), 279-292. <https://doi.org/10.1016/j.mcna.2019.11.003>
- Roman-Liu, D., Kamińska, J., & Tokarski, T. (2020). Effectiveness of workplace intervention strategies in lower back pain prevention: a review. *Industrial Health*, 58(6), 503-519. <https://doi.org/10.2486/indhealth.2020-0130>
- Santos, J. W. dos, & Monteiro, L. F. (2017). Prospecção tecnológica sobre acessórios para a estabilização da coluna lombar durante o transporte manual de cargas. *Revista Brasileira de Gestão e Inovação*, 5(3), 172-194. <https://doi.org/10.18226/23190639.v5n3.08a>
- Santos, J. W. dos, & Monteiro, L. F. (2017). Avaliação das condições de trabalho de agentes de bagagem e operadores de rampa de um aeroporto Brasileiro. *Revista Gestão Industrial*, 13(1). <https://doi.org/10.3895/gi.v13n1.5021>
- Santos, J. W. dos, & Monteiro, L. F. (2020). *Proposição de modelo preditivo para desenvolvimento de lombalgia ocupacional em movimentadores de cargas*. Recuperado de <https://ri.ufs.br/jspui/handle/riufs/14244>
- Santos, J. W. dos, Santos, J. W. dos, & Monteiro, L. F. (2020). Avaliação de sobrecarga mecânica na coluna lombar de carregadores de produtos hortícolas: um estudo de caso. *Revista Gestão Industrial*, 16(3). <https://doi.org/10.3895/gi.v16n3.10060>
- Santos, J. W. dos, Santos, J. W. dos, Neres Menezes, E. T., Vieira Franca, V., & Monteiro, L. F. (2020). Associação entre a movimentação manual de cargas e lombalgia ocupacional em carregadores de uma central de abastecimento. *Revista Produção Online*, 20(3), 858-883. <https://doi.org/10.14488/1676-1901.v20i3.3661>
- Schwaber, K., & Sutherland, J. (2020). *The Scrum guide*. Recuperado de <https://scrumguides.org/docs/scrumguide/v2020/2020-Scrum-Guide-US.pdf#zoom=100>
- Shaw, W. S. (2021). *Back pain in the workplace*. Recuperado de <https://www.iasp-pain.org/resources/fact-sheets/back-pain-in-the-workplace/>
- Skals, S., Bláfoss, R., Andersen, L. L., Andersen, M. S., & de Zee, M. (2021). Manual material handling in the supermarket sector. Part 2: Knee, spine and shoulder joint reaction forces. *Applied Ergonomics*, 92, 103345. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2020.103345>
- Sowah, D., Boyko, R., Antle, D., Miller, L., Zakhary, M., & Straube, S. (2018). Occupational interventions for the prevention of back pain: overview of systematic reviews. *Journal of Safety Research*, 66, 39-59. <https://doi.org/10.1016/j.jsr.2018.05.007>
- Steiner, T. J., Stovner, L. J., Jensen, R., Uluduz, D., & Katsarava, Z. (2020). Migraine remains second among the world's causes of disability, and first among young women: findings from GBD2019. *The Journal of Headache and Pain*, 21(1), 137. <https://doi.org/10.1186/s10194-020-01208-0>
- Stevens, M. L., Boyle, E., Hartvigsen, J., Mansell, G., Søgaard, K., Jørgensen, M. B., Holtermann, A., & Rasmussen, C. D. N. (2019). Mechanisms for reducing low back pain: a mediation analysis of a multifaceted intervention in workers in elderly care. *International Archives of Occupational and Environmental Health*, 92(1), 49-58. <https://doi.org/10.1007/s00420-018-1350-3>
- Traeger, A. C., Qaseem, A., & McAuley, J. H. (2021). Low back pain. *JAMA*, 326(3), 286. <https://doi.org/10.1001/jama.2020.19715>
- Van der Wurf, C., Speklé, E., Schaafsma, F., & Coenen, P. (2021). Determining the costs of low-back pain associated sick leave in the dutch workforce in the period 2015 to 2017. *Journal of Occupational & Environmental Medicine*, 63(6), e367-e372. <https://doi.org/10.1097/JOM.0000000000002221>
- Verbeek, J. H., Martimo, K.-P., Karppinen, J., Kuijper, P. P. F., Viikari-Juntura, E., & Takala, E.-P. (2011). Manual material handling advice and assistive devices for preventing and treating back pain in workers. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, 15(6), 1-77. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD005958.pub3>
- Vos, T., Abajobir, A. A., Abate, K. H., Abbafati, C., Abbas, K. M., Abd-Allah, F., ... , Murray, C. J. L. (2017). Global, regional, and national incidence, prevalence, and years lived with disability for 328 diseases and injuries for 195 countries, 1990-2016: a systematic analysis for the global burden of disease study 2016. *The Lancet*, 390(10100), 1211-1259. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(17\)32154-2](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(17)32154-2)