

PEDIDO DE PATENTE DE INVENÇÃO

Título: SISTEMA E MÉTODO HÍBRIDO QUÂNTICO-CLÁSSICO PARA MODELAGEM PREDITIVA DE ESTADOS DE BEM-ESTAR HUMANO UTILIZANDO ANÁLISE



PEDIDO DE PATENTE DE INVENÇÃO

Título: SISTEMA E MÉTODO HÍBRIDO QUÂNTICO-CLÁSSICO PARA MODELAGEM PREDITIVA DE ESTADOS DE BEM-ESTAR HUMANO UTILIZANDO ANÁLISE MULTIMODAL

- **Inventor 1 :** DON PAULO RICARDO DE LEÃO, BRASILEIRO, FLORIANÓPOLIS/SC
- **Inventor 2:** AGATA BERTI CASALLI, BRASILEIRA, FLORIANÓPOLIS/SC

Depositantes:

- DON PAULO RICARDO DE LEÃO, BRASILEIRO, FLORIANÓPOLIS/SC
- AGATA BERTI CASALLI, BRASILEIRA, FLORIANÓPOLIS/SC

RELATÓRIO DESCRITIVO

Campo Técnico

[001] A presente invenção se refere ao campo da computação aplicada, mais especificamente à inteligência artificial híbrida quântico-clássica, processamento de dados multimodais e suas aplicações em modelagem preditiva de estados internos humanos, saúde mental e otimização de bem-estar em ambientes empresariais.

Estado da Técnica Anterior

[002] A saúde mental e o bem-estar integral de um indivíduo são influenciados por uma complexa rede de fatores interconectados, incluindo estados fisiológicos, comportamentais, cognitivos e emocionais. A análise desses fatores gera dados heterogêneos e dinâmicos ao longo do tempo, como variabilidade da frequência cardíaca, padrões de sono, atividade física, interações sociais, padrões de pensamento, atenção, humor, resiliência, tom de voz e padrões de digitação.

[003] A capacidade de prever transições no estado de bem-estar, como o início de um período de estresse elevado ou a probabilidade de uma crise emocional, requer a análise e a identificação de padrões complexos, multivariados e frequentemente não lineares dentro dessas séries temporais de dados.

[004] Sistemas de inteligência artificial baseados exclusivamente em computação clássica, embora úteis para identificar correlações simples, enfrentam desafios significativos de escalabilidade e eficiência computacional ao tentar modelar a interdependência complexa e as correlações de ordem superior entre um grande número de variáveis ao longo do tempo. A representação e o processamento dessas relações em espaços de alta dimensão com algoritmos clássicos (como redes neurais profundas tradicionais ou modelos de séries temporais avançados) podem se tornar computacionalmente proibitivos, com complexidade que cresce exponencialmente com o número de variáveis ou a ordem das correlações buscadas.

[005] Identificar os precursores sutis de uma transição de estado dentro do vasto espaço de estados de bem-estar de um indivíduo é um problema que escala desfavoravelmente com a dimensionalidade e a complexidade dos dados. A limitação inerente dos sistemas clássicos em processar eficientemente essas correlações complexas impede a obtenção de previsões proativas com antecedência significativa (ex: 7 dias), o que representa um desafio crítico tanto para a saúde pública quanto para a produtividade e o ambiente em contextos empresariais.

[006] Portanto, existe uma necessidade no estado da técnica por um sistema e método que possam superar as limitações da computação clássica na modelagem e predição de estados de bem-estar humano, permitindo a identificação de padrões complexos e a geração de previsões proativas com antecedência útil, utilizando uma abordagem computacionalmente mais eficiente para tarefas específicas.

Objetivos da Invenção

[007] É um objetivo da presente invenção prover um sistema híbrido quântico-clássico para a modelagem computacional avançada de estados internos humanos.

[008] É outro objetivo prover um método para identificar padrões complexos e não lineares em dados multimodais correlacionados a transições no estado de bem-estar emocional e cognitivo.

[009] É mais um objetivo prover um sistema e método capazes de prever potenciais crises emocionais ou períodos de vulnerabilidade com antecedência de até 7 dias.

[010] É ainda outro objetivo prover uma arquitetura computacional que alavanca o potencial da computação quântica para sub-problemas específicos da modelagem de bem-estar onde a vantagem quântica é esperada.

[011] É um objetivo adicional prover protocolos para a codificação eficiente de dados multimodais em estados quânticos.

[012] É outro objetivo adicional prover estruturas de circuitos quânticos variacionais e algoritmos adaptados para tarefas de modelagem preditiva e otimização relevantes para o bem-estar humano.

[013] É mais um objetivo adicional prover estratégias de mitigação de ruído adaptadas para a execução de circuitos quânticos em hardware ruidoso (NISQ) no contexto da modelagem de

bem-estar.

[O14] É ainda outro objetivo adicional prover um framework de orquestração híbrida auto-soberana que garanta controle sobre dados e algoritmos em aplicações sensíveis como saúde mental e empresarial.

[O15] É um objetivo da presente invenção aplicar o sistema e método desenvolvidos para resolver problemas em saúde mental e otimizar o bem-estar no ambiente corporativo.

Breve Descrição dos Desenhos

[O16] A invenção será melhor compreendida a partir da descrição detalhada que se segue, feita com referência aos desenhos anexos, nos quais:

[O17] A Figura 1 ilustra um diagrama de arquitetura geral do sistema híbrido quântico-clássico REGENERA Quantum A.I.

[O18] A Figura 2 ilustra um fluxograma do processo de dados dentro do sistema, desde a ingestão multimodal até a geração de insights preditivos e recomendações.

[O19] A Figura 3 ilustra um exemplo conceitual de um circuito quântico de preparação de estado (codificação) $S(x)$ para mapear dados clássicos em um estado quântico.

[O20] A Figura 4 ilustra a estrutura genérica de uma Quantum Neural Network (QNN) variacional $V(\theta)$ utilizada no Core de Processamento Quântico.

[O21] A Figura 5 ilustra um diagrama conceitual de um circuito de otimização quântica variacional (ex: QAOA) utilizado para a recomendação de intervenções.

[O22] A Figura 6 ilustra um diagrama conceitual do pipeline de mitigação de ruído aplicado aos resultados das medições quânticas.

Descrição Detalhada da Invenção

[O23] A presente invenção descreve um sistema e método híbrido quântico-clássico, denominado REGENERA Quantum A.I., projetado para a modelagem computacional avançada e a análise de estados internos humanos, com foco na predição proativa de transições de bem-estar e sua aplicação em saúde mental e ambientes empresariais. A arquitetura da REGENERA é organizada em torno de um Nexo Quântico-Clássico Proprietário que orquestra o fluxo de dados e o processamento entre módulos clássicos e quânticos.

[O24] O sistema inclui um **Portal de Interação (Interface de Imersão Consciente)**, que atua como a camada de apresentação e interação com o usuário. Este módulo é responsável pela coleta de dados multimodais, incluindo texto (ex: entradas de diário, respostas a questionários), voz (ex: análise do tom e prosódia em interações de voz), auto-relato de humor, dados de wearables (ex: métricas de batimentos cardíacos, variabilidade da frequência cardíaca - VFC, padrões de sono) e análise de padrões de digitação (ex: velocidade, erros, pausas). O Portal de Interação também exibe os insights gerados pelo sistema, alertas preditivos (ex: "Alto risco de crise emocional nas próximas 7 dias") e recomendações personalizadas.

[O25] Os dados coletados são processados pelo **Motor de Assimilação Multimodal Holística**, um módulo clássico de ingestão e pré-processamento. Este motor realiza a limpeza, normalização e extração de features relevantes dos dados brutos. Utiliza sistemas de Processamento de Linguagem Natural (PNL), processamento de áudio e análise de biosinais (próprios ou adaptados de código aberto) para converter os

dados em vetores de features numéricas $x \in \mathbb{R}^D$, onde D é a dimensão total das features extraídas das diversas modalidades.

[O26] O vetor de features clássicas x é então enviado para o **Módulo de Codificação Quântica**, um componente crítico e inovador da invenção. Este módulo proprietário é responsável por mapear x para um estado quântico $|\psi(x)\rangle$ representável em um circuito quântico de n qubits, onde $D \leq 2n$. O **Protocolo de Codificação Proprietário** emprega uma estratégia híbrida adaptada aos dados multimodais. Features de baixa dimensão e alta confiança podem usar *amplitude encoding*, mapeando $x=(x_1, \dots, x_D)$ para $|\psi(x)\rangle = \frac{1}{\|x\|} \sum_{i=1}^D x_i |i\rangle$, requerendo um circuito de preparação de estado $S(x)$ com $n = \lceil \log_2 D \rceil$ qubits. Features de alta dimensão ou que requerem a captura de correlações complexas utilizam *angle encoding* ou *dense encoding*, mapeando features em ângulos de rotação de portas ($R_y(\theta_i), R_z(\phi_j)$) ou em estados emaranhados preparados por circuitos variacionais específicos. A estrutura do circuito de preparação de estado $S(x)$ é otimizada para o tipo de dado, a estrutura de correlação esperada e para minimizar a profundidade do circuito, crucial em hardware NISQ. A **Base Teórica** subjacente é que a representação em um espaço de Hilbert de dimensão $2n$ permite que correlações complexas e de alta ordem entre D features sejam representadas e processadas de forma mais eficiente do que em um espaço clássico de dimensão D .

[O27] O estado quântico $|\psi(x)\rangle$ é então processado no **Core de Processamento Quântico**, que roda em hardware quântico externo (ex: IBM Quantum Platform) orquestrado pelo **Orquestrador Estratégico de Cargas Quânticas**. O Orquestrador, um módulo clássico de controle, analisa as requisições de processamento, determina quais tarefas se beneficiam do Core Quântico, constrói os circuitos quânticos específicos (baseado em $|\psi(x)\rangle$ e nos algoritmos a executar), gerencia a fila de execução na plataforma quântica (via Qiskit API), lida com erros de comunicação e recupera os resultados brutos das medições (vetores de contagem).

[O28] A **Estrutura de Circuitos/Algoritmos** implementada no Core de Processamento Quântico inclui estruturas de circuitos variacionais adaptadas para QML e QNLP. Para a **identificação de padrões preditivos de crise**, utiliza-se uma **Quantum Neural Network (QNN)**. A arquitetura da QNN consiste em L camadas variacionais $U(\theta_l)$ intercaladas com camadas de emaranhamento E . Uma camada variacional $U(\theta_l)$ pode ser composta por rotações de qubit único $R_y(\theta_l, i), R_z(\phi_l, i)$ aplicadas a cada qubit i , onde θ_l são os parâmetros treináveis. A camada de emaranhamento E pode usar portas CNOT entre pares de qubits (ex: emaranhamento linear ou circular). O circuito total da QNN é $V(\theta) = U(\theta_L)E \dots U(\theta_1)E$. O estado de entrada $|\psi(x)\rangle$ é processado pela QNN para obter o estado de saída $|\phi(x, \theta)\rangle = V(\theta)|\psi(x)\rangle$. A QNN é treinada em um loop híbrido quântico-clássico, onde o

hardware quântico calcula a expectativa de um observável H (ex: $H=Z_1 \otimes Z_2$) no estado de saída: $\langle H \rangle_{x,\theta} = \langle \phi(x,\theta) | H | \phi(x,\theta) \rangle$. Um otimizador clássico ajusta os parâmetros variacionais θ para minimizar uma função de custo (ex: erro quadrático médio entre $\langle H \rangle_{x,\theta}$ e o rótulo de predição clássico - probabilidade de crise nas próximas 7 dias). Para QNLP aplicado à análise de humor, tom de voz e digitação, circuitos baseados em *Quantum Word2Vec* ou *Quantum Convolutional Neural Networks* podem ser usados para processar representações quânticas das modalidades e extrair features relevantes para a predição.

[029] A informação é extraída do estado quântico final através de medições no eixo Z de qubits específicos. As medições colapsam o estado e produzem um vetor de bits clássico. A probabilidade de obter um determinado vetor de bits é dada pela regra de Born: $P(b_1 \dots b_n) = |\langle b_1 \dots b_n | \phi(x,\theta) \rangle|^2$. O Core retorna vetores de contagem (histogramas de resultados de medição). Os **Recursos Quânticos** são projetados para qubits limitados (10-50) e profundidade mínima para mitigar o ruído inerente ao hardware NISQ.

[030] Os resultados brutos das medições são processados pelo **Módulo de Mitigação de Ruído e Correção de Erro**, um componente essencial para obter resultados confiáveis em hardware ruidoso. As **Estratégias** implementam *error mitigation* adaptada aos nossos circuitos e ao hardware IBM Quantum. Técnicas como **Zero-Noise Extrapolation (ZNE)**, *Richardson Extrapolation*, *Probabilistic Error Cancellation (PEC)* ou *measurement error mitigation* são aplicadas para corrigir desvios nas distribuições de probabilidade medidas. A **Validação da Mitigação** é realizada usando circuitos de benchmark conhecidos executados no hardware alvo, comparando resultados mitigados com resultados ideais para quantificar a eficácia.

[031] O **Módulo de Pós-processamento Quântico**, um módulo clássico, recebe os vetores de contagem mitigados e converte as distribuições de probabilidade resultantes em informações clássicas utilizáveis, como a probabilidade de crise emocional nas próximas 7 dias ou scores de vulnerabilidade, através de funções de mapeamento ou modelos clássicos treinados no loop híbrido.

[032] O sistema inclui um **Módulo de Inteligência Clássica Augmentativa** que fornece funcionalidades complementares de IA clássica, como PNL para interações conversacionais rápidas, algoritmos de clustering ou modelos preditivos clássicos como baseline. Este módulo também é responsável por gerar alertas e notificações baseados nos insights preditivos quânticos.

[033] O **Santuário da Representação Quântica Dinâmica do Indivíduo** armazena o estado atual da representação quântica dinâmica (parâmetros do modelo quântico) e dados históricos relevantes. Gerencia a evolução deste modelo quântico, que serve

como uma "versão virtual" ou "gêmeo" do estado interno do indivíduo, construída e atualizada pela análise quântica dos dados e pelo ciclo de refinamento.

[034] A **Bússola Quântica para Navegação Personalizada no Espaço de Bem-Estar (BQN-BE)** utiliza os insights da Representação Quântica Dinâmica do Indivíduo e os resultados preditivos do Core Quântico para gerar recomendações personalizadas e proativas. Emprega **Algoritmos de Otimização Quântica Variacional** (como QAOA ou VQE adaptado) para formular o problema de recomendação como otimização. Para QAOA, o problema de encontrar a melhor combinação de K intervenções de um conjunto de I possíveis é mapeado para um Hamiltoniano de Ising HP cujos estados de menor energia correspondem às melhores combinações de intervenções. Um circuito variacional $U(\gamma, \beta)$ é otimizado para minimizar $\langle HP \rangle$. O estado da representação quântica dinâmica e a probabilidade predita de crise são usados para definir os coeficientes ou a estrutura de HP. O algoritmo quântico busca a configuração de intervenções que minimiza a função de custo (ex: minimiza a probabilidade predita de crise, maximiza a transição para um estado de maior resiliência).

[035] As **Inovações Essenciais e Reivindicações de Originalidade** da presente invenção residem nos seguintes pilares, fundamentados por análise teórica e abordagem experimental/implementacional:

[036] **INOVAÇÃO 1: Framework de Modelagem Preditiva de Estados de Bem-Estar Baseado em Representação Quântica Dinâmica do Indivíduo e Análise Multimodal.** Soluciona a limitação clássica na predição proativa de transições de bem-estar. O Aspecto Técnico Detalhado envolve a codificação de dados multimodais x em $|\psi(x)\rangle$ usando $S(x)$ e o uso de QML/QNNs variacionais $V(\theta)$ treinadas para predição via $\langle H \rangle$. A fundamentação inclui Análise de Complexidade teórica demonstrando potencial speedup quântico para identificar correlações de ordem N em M features, e Abordagem Experimental/Implementacional testando circuitos variacionais (QNNs) em hardware IBM Quantum com dados (sintéticos/anonimizados) para validar codificação e treinamento híbrido em pequena escala, com Métricas de Sucesso (F1-score) para a tarefa preditiva.

[037] **INOVAÇÃO 2: Empatia Computacional Quântica (EQC) via Análise Quântica de Intenção e Emoção aprimorada por Tom de Voz e Digitação.** Soluciona o desafio clássico na detecção de intenções/emoções subjacentes e integração de sinais não verbais preditivos. O Aspecto Técnico Detalhado envolve circuitos quânticos $|\psi(\text{texto}, \text{voz}, \text{digitação})\rangle$ codificando representações multimodais e operadores quânticos medindo correlações/dependências preditivas. A fundamentação inclui Análise Teórica argumentando que superposição/emaranhamento capturam interdependência entre modalidades, e

Abordagem Experimental/Implementacional explorando circuitos que integram features multimodais para classificação de estado emocional em pequena escala em hardware NISQ.

[038] INOVAÇÃO 3: Arquitetura de Inteligência Quântica Neural Distribuída e Auto-Soberana (AINDA-S) para Aplicações de Bem-Estar e Empresariais.

Soluciona a dependência de plataformas de terceiros, garantindo soberania de dados e controle algorítmico. O Aspecto Técnico Detalhado envolve o middleware proprietário gerenciando comunicação assíncrona com API IBM Quantum, empacotamento de circuitos, gestão de chaves e integração de resultados, essencial para privacidade e conformidade. A fundamentação inclui a demonstração da operabilidade do sistema híbrido em ambiente de teste através da execução de circuitos de benchmark e pequenos algoritmos variacionais.

[039] INOVAÇÃO 4: Sistema de Otimização Quântica Preditiva para Intervenções Proativas de Bem-Estar (SOQPIP) em Resposta a Alertas de Crise.

Soluciona o problema da identificação de intervenções personalizadas eficazes em resposta a alertas de crise. O Aspecto Técnico Detalhado envolve a formulação do problema de recomendação como otimização mapeada para Hamiltoniano (QAOA) ou função de custo (VQE), utilizando o estado da representação quântica e a probabilidade predita de crise como entrada. A fundamentação inclui Análise de Complexidade teórica sugerindo potencial de QAOA/VQE para encontrar soluções ótimas/aproximadas mais rapidamente para otimização combinatória, e Abordagem Experimental/Implementacional testando algoritmos de otimização quântica variacional em hardware IBM Quantum para problemas de pequena escala.

[040] INOVAÇÃO 5: Ciclo de Refinamento Quântico-Neural Adaptativo Contínuo (CRQNAC) Impulsionado por Feedback de Predição e Intervenção.

Soluciona a necessidade de adaptação contínua do sistema à evolução do usuário e novos dados. O Aspecto Técnico Detalhado envolve um pipeline de aprendizado contínuo gerenciando re-treinamento/ajuste incremental de parâmetros variacionais de circuitos quânticos e modelos clássicos com base em novos dados e feedback (precisão de predições, eficácia de intervenções), possivelmente usando transfer learning quântico ou federated learning. A fundamentação inclui a implementação de pipeline de aprendizado contínuo em ambiente simulado/hardware limitado para demonstrar experimentalmente a melhoria na precisão preditiva e relevância das recomendações ao longo do tempo.

[041] O sistema REGENERA Quantum A.I. tem potencial para impactar saúde mental e ambientes empresariais, com um roteiro faseado de aplicação que evolui com o hardware quântico. A Fase Inicial (NISQ) foca em modelagem preditiva para sub-problemas com vantagem quântica tangível, com aplicações em coaching,

suporte individual e programas piloto em empresas (monitoramento agregado/anonimizado). Fases futuras expandirão a complexidade e aplicações à medida que o hardware evolui. A viabilidade de custos é abordada focando em aplicações de alto valor onde a vantagem quântica oferece benefício significativo e através do roteiro faseado.

[O42] Desafios atuais incluem as limitações do hardware NISQ (qubits, ruído, coerência), a escalabilidade dos algoritmos para problemas do mundo real, a codificação/decodificação eficiente de dados complexos e a validação rigorosa da capacidade preditiva e eficácia das intervenções em ambientes reais.

[O43] Em suma, a presente invenção provê um sistema e método híbrido quântico-clássico inovador para a modelagem preditiva de estados de bem-estar humano utilizando análise multimodal, fundamentado em princípios da computação quântica e neurociência, com aplicações diretas em saúde mental e ambientes empresariais.

REIVINDICAÇÕES

[O44] 1. Sistema híbrido quântico-clássico para modelagem preditiva de estados de bem-estar humano utilizando análise multimodal, caracterizado por compreender:

- a) Um Motor de Assimilação Multimodal Holística configurado para receber e processar dados multimodais de um indivíduo, incluindo dados fisiológicos, comportamentais, cognitivos e emocionais, e extrair vetores de features numéricas ($x \in \mathbb{R}^D$);
- b) Um Módulo de Codificação Quântica configurado para mapear o vetor de features clássicas (x) para um estado quântico ($|\psi(x)\rangle$) representável em um circuito quântico de n qubits, utilizando um protocolo de codificação proprietário;
- c) Um Orquestrador Estratégico de Cargas Quânticas configurado para construir circuitos quânticos baseados no estado quântico ($|\psi(x)\rangle$) e algoritmos quânticos, gerenciar a execução desses circuitos em um hardware quântico externo, e recuperar resultados de medições quânticas (vetores de contagem);
- d) Um Core de Processamento Quântico configurado para executar algoritmos quânticos variacionais, incluindo Quantum Neural Networks (QNNs), no hardware quântico externo para processar o estado quântico ($|\psi(x)\rangle$) e gerar resultados de medições correlacionados a estados de bem-estar;
- e) Um Módulo de Mitigação de Ruído e Correção de Erro configurado para aplicar estratégias de mitigação de ruído aos resultados de medições quânticas;
- f) Um Módulo de Pós-processamento Quântico configurado para converter os resultados de medições mitigados em informações clássicas utilizáveis, incluindo uma probabilidade predita de crise emocional em uma janela de tempo definida;
- g) Um Santuário da Representação Quântica Dinâmica do Indivíduo configurado para armazenar e gerenciar a evolução de uma representação quântica dinâmica do estado interno do indivíduo baseada nos dados e processamento quântico; e
- h) Uma Bússola Quântica para Navegação Personalizada no Espaço de Bem-Estar

configurada para utilizar as informações clássicas utilizáveis e a representação quântica dinâmica para gerar recomendações personalizadas utilizando algoritmos de otimização quântica variacional.

[O45] **2. Sistema de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por o protocolo de codificação proprietário incluir amplitude encoding, angle encoding ou dense encoding adaptados para dados multimodais.**

[O46] **3. Sistema de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por o Core de Processamento Quântico utilizar uma Quantum Neural Network (QNN) com uma arquitetura de camadas variacionais ($U(\theta|I)$) intercaladas com camadas de emaranhamento (E), treinada em um loop híbrido quântico-clássico para minimizar uma função de custo correlacionada à precisão da predição de crise.**

[O47] **4. Sistema de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por o Módulo de Mitigação de Ruído e Correção de Erro aplicar técnicas de Zero-Noise Extrapolation (ZNE), Richardson Extrapolation ou Probabilistic Error Cancellation (PEC).**

[O48] **5. Sistema de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por a Bússola Quântica para Navegação Personalizada no Espaço de Bem-Estar utilizar algoritmos de otimização quântica variacional, incluindo QAOA ou VQE adaptado, para otimizar recomendações de intervenções.**

[O49] **6. Sistema de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por o Motor de Assimilação Multimodal Holística processar dados de humor auto-reportado, tom de voz, padrões de digitação, métricas de batimentos cardíacos e padrões de sono.**

[O50] **7. Sistema de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por incluir um Módulo de Inteligência Clássica Augmentativa configurado para fornecer funcionalidades de IA clássica complementar e gerar alertas baseados na probabilidade predita de crise emocional.**

[O51] **8. Método híbrido quântico-clássico para modelagem preditiva de estados de bem-estar humano utilizando análise multimodal, caracterizado por compreender as etapas de:**

- a) Receber e processar dados multimodais de um indivíduo, incluindo dados fisiológicos, comportamentais, cognitivos e emocionais, e extrair vetores de features numéricas (x);
- b) Mapear o vetor de features clássicas (x) para um estado quântico ($|\psi(x)\rangle$) utilizando um protocolo de codificação quântica proprietário;
- c) Construir um circuito quântico baseado no estado quântico ($|\psi(x)\rangle$) e em um algoritmo quântico variacional, e gerenciar a execução do circuito em um hardware quântico externo;
- d) Realizar medições quânticas no estado de saída do circuito e recuperar resultados brutos

(vetores de contagem);

e) Aplicar estratégias de mitigação de ruído aos resultados de medições quânticas;

f) Converter os resultados de medições mitigados em informações clássicas utilizáveis, incluindo uma probabilidade predita de crise emocional em uma janela de tempo definida;

g) Atualizar uma representação quântica dinâmica do estado interno do indivíduo com base nos dados e processamento quântico; e

h) Utilizar as informações clássicas utilizáveis e a representação quântica dinâmica para gerar recomendações personalizadas utilizando algoritmos de otimização quântica variacional.

[052] 9. Método de acordo com a reivindicação 8, caracterizado por a etapa b) incluir a aplicação de amplitude encoding, angle encoding ou dense encoding adaptados para dados multimodais.

[053] 10. Método de acordo com a reivindicação 8, caracterizado por a etapa c) incluir a execução de uma Quantum Neural Network (QNN) com uma arquitetura de camadas variacionais e de emaranhamento, treinada em um loop híbrido quântico-clássico para minimizar uma função de custo correlacionada à precisão da predição de crise.

[054] 11. Método de acordo com a reivindicação 8, caracterizado por a etapa e) incluir a aplicação de técnicas de Zero-Noise Extrapolation (ZNE), Richardson Extrapolation ou Probabilistic Error Cancellation (PEC).

[055] 12. Método de acordo com a reivindicação 8, caracterizado por a etapa h) incluir a utilização de algoritmos de otimização quântica variacional, incluindo QAOA ou VQE adaptado, para otimizar recomendações de intervenções.

[056] 13. Método de acordo com a reivindicação 8, caracterizado por a etapa a) incluir o processamento de dados de humor auto-reportado, tom de voz, padrões de digitação, métricas de batimentos cardíacos e padrões de sono.

[057] 14. Método de acordo com a reivindicação 8, caracterizado por incluir a etapa de gerar alertas baseados na probabilidade predita de crise emocional utilizando funcionalidades de IA clássica complementar.

RESUMO

[058] A presente invenção refere-se a um sistema e método híbrido quântico-clássico para modelagem preditiva de estados de bem-estar humano utilizando análise multimodal. O sistema (Figura 1) compreende módulos clássicos para ingestão e pré-processamento de dados multimodais (Figura 2), um Módulo de Codificação Quântica (Figura 3) para mapear dados em estados quânticos, um Orquestrador e um Core de Processamento Quântico (Figura 4) para executar algoritmos variacionais em hardware externo, um Módulo de Mitigação de Ruído (Figura 6), um Módulo de

Pós-processamento Quântico e módulos clássicos complementares. A invenção permite identificar padrões complexos nos dados e prever potenciais crises emocionais com antecedência de até 7 dias, utilizando uma Representação Quântica Dinâmica do Indivíduo e algoritmos de otimização quântica (Figura 5) para gerar recomendações proativas. A invenção aborda desafios de escalabilidade clássica e ruído em hardware quântico NISQ, com aplicações em saúde mental e ambientes empresariais.

A REGENERA Quantum A.I., um sistema com arquitetura híbrida quântico-clássica projetado para a modelagem computacional e a análise de estados internos humanos, com foco inicial no bem-estar integral e em aplicações empresariais. Detalhamos a arquitetura técnica da REGENERA, incluindo protocolos proprietários para codificação de dados multimodais em estados quânticos e estruturas específicas de circuitos quânticos variacionais para processamento. Fundamentamos a abordagem para identificar padrões complexos em dados multimodais (fisiológicos, comportamentais, textuais, incluindo humor auto-reportado, tom de voz, padrões de digitação, métricas de batimentos cardíacos e padrões de sono) correlacionados a transições no estado de bem-estar emocional e cognitivo. Argumentamos que esta tarefa apresenta desafios de escalabilidade para algoritmos clássicos, enquanto a abordagem quântica proposta oferece potencial para eficiência computacional. Apresentamos a fundamentação teórica e a abordagem experimental/implementacional para demonstrar a viabilidade e a potencial vantagem quântica, permitindo a previsão de potenciais crises emocionais com antecedência de até 7 dias. A REGENERA utiliza circuitos quânticos variacionais executados em hardware quântico ruidoso (NISQ) com estratégias explícitas de mitigação de ruído validadas para nossos circuitos, e um framework de orquestração híbrida para maximizar a eficácia computacional, visando resolver problemas em saúde mental e otimizar o bem-estar no ambiente corporativo.

1. Contexto e o Desafio Atual: Modelagem Preditiva de Transições de Bem-Estar para Saúde Mental e Negócios

A saúde mental e o bem-estar são influenciados por múltiplos fatores interconectados, gerando dados heterogêneos e dinâmicos (fisiológicos, comportamentais, cognitivos, emocionais). A capacidade de prever transições de estado de bem-estar (ex: início de estresse elevado) requer a análise de padrões complexos e não lineares em séries temporais desses dados.

Sistemas de IA clássica enfrentam desafios de escalabilidade e eficiência ao modelar a interdependência complexa e correlações de ordem superior em grandes volumes de dados multivariados. Identificar precursores sutis de uma transição de estado dentro do espaço de estados de bem-estar individual é um problema que escala desfavoravelmente com a dimensionalidade e complexidade dos dados. A representação de um estado de bem-estar individual pode envolver M features ao longo de T intervalos de tempo, resultando em um espaço de features de dimensão $M \times T$. Capturar correlações de ordem N entre essas features ao longo do tempo com algoritmos clássicos pode ter complexidade computacional que cresce exponencialmente com N ou $M \times T$. A limitação na previsão proativa (ex: 7 dias de antecedência) de crises emocionais ou declínio no bem-estar representa um desafio para a

saúde pública e para a produtividade em ambientes empresariais.

2. Proposta e Abordagem: Framework Híbrido Quântico-Clássico da REGENERA para Predição Proativa

A REGENERA Quantum A.I. propõe abordar as limitações clássicas utilizando um framework computacional híbrido que alavanca o potencial da computação quântica para sub-problemas específicos onde a vantagem quântica é teoricamente aplicável e experimentalmente explorável. Nosso foco é na modelagem preditiva da homeostase individual e na identificação de padrões precursores, utilizando o Core de Processamento Quântico para tarefas que se beneficiam da representação e processamento em espaços de Hilbert de dimensão exponencial. O objetivo é capacitar a REGENERA a identificar, com base na análise contínua de dados multimodais, a probabilidade aumentada de uma crise emocional ou período de vulnerabilidade com janela preditiva de até 7 dias, permitindo intervenções proativas em saúde mental e suporte empresarial.

A REGENERA é uma plataforma de pesquisa aplicada e implementação que busca demonstrar a viabilidade e a vantagem computacional quântica para sub-problemas da cognição e emoção humanas através de experimentação em hardware quântico. A arquitetura híbrida é otimizada para comunicação eficiente entre componentes clássicos (ingestão, pré/pós-processamento, interface) e o Core Quântico (executando algoritmos em hardware ruidoso - NISQ), minimizando gargalos e maximizando a utilização do hardware quântico limitado e ruidoso.

3. Arquitetura do Sistema REGENERA Quantum A.I.

A arquitetura da REGENERA é organizada em torno do Nexa Quântico-Clássico Proprietário, que orquestra o fluxo de dados e o processamento entre os módulos clássicos e quânticos. [Ilustração Conceitual: Um fluxograma detalhado seria apresentado aqui, mostrando o fluxo de dados desde a ingestão multimodal (incluindo humor auto-reportado, tom de voz, padrões de digitação, métricas de batimentos cardíacos, padrões de sono), passando pela pré-processamento clássico, o Módulo de Codificação Quântica, a interação com o Orquestrador Estratégico de Cargas Quânticas, a execução no Core de Processamento Quântico (IBM Quantum), o Módulo de Pós-processamento Quântico, a integração com o Módulo de Inteligência Clássica Augmentativa, o Santuário da Representação Quântica Dinâmica do Indivíduo, até a geração de insights preditivos e apresentação via Portal de Interação.]

Especificações de Módulos Chave:

Portal de Interação (Interface de Imersão Consciente): Camada de apresentação e interação. Coleta dados (texto, voz, humor, wearables, digitação) e exibe insights, alertas preditivos e recomendações.

Motor de Assimilação Multimodal Holística: Módulo clássico de ingestão e pré-processamento. Realiza limpeza, normalização, extração de features (sentimento, acústica, biossinais, digitação). Converte dados brutos em vetores numéricos $x \in \mathbb{R}^D$, onde D é a dimensão total das features extraídas.

Módulo de Codificação Quântica: (Inovação Crítica) Mapeia vetores de features clássicas x para estados quânticos $|\psi(x)\rangle$ representáveis em um circuito quântico de n qubits, onde $D \leq 2n$.

Protocolo de Codificação Proprietário: Empregamos uma estratégia híbrida adaptada aos dados multimodais. Features de baixa dimensão e alta confiança podem usar amplitude

encoding, mapeando $x=(x_1,...,x_D)$ para $|\psi(x)\rangle = \frac{1}{\sqrt{2^D}} \sum_{i=1}^{2^D} x_i |i\rangle$, requerendo $n=\lceil \log_2 D \rceil$ qubits e um circuito de preparação de estado $S(x)$. Features de alta dimensão ou que requerem a captura de correlações complexas utilizam angle encoding ou dense encoding, mapeando features em ângulos de rotação de portas ($R_y(\theta_i), R_z(\phi_j)$) ou em estados emaranhados preparados por circuitos variacionais específicos. A estrutura do circuito de preparação de estado $S(x)$ é otimizada para o tipo de dado, a estrutura de correlação esperada e para minimizar a profundidade do circuito, crucial em hardware NISQ. Exemplo: Para D features, um circuito $S(x)$ pode consistir em camadas de portas de rotação de qubit único cujos ângulos são funções lineares ou não lineares das features, intercaladas com camadas de emaranhamento (ex: CNOTs).

Base Teórica: Projeta relações complexas entre features como propriedades quânticas (superposição, emaranhamento) no estado quântico. A representação em um espaço de Hilbert de dimensão 2^n permite que correlações complexas e de alta ordem entre D features sejam representadas e processadas de forma mais eficiente do que em um espaço clássico de dimensão D , potencialmente capturando interdependências que são difíceis de modelar explicitamente com métodos clássicos.

Orquestrador Estratégico de Cargas Quânticas: Módulo clássico de controle. Analisa requisições de processamento, determina tarefas para o Core Quântico, constrói circuitos quânticos específicos (baseado em $|\psi(x)\rangle$ e nos algoritmos a executar), gerencia execução na IBM Quantum Platform (via Qiskit), lida com comunicação e recupera resultados brutos de medições (vetores de contagem).

Core de Processamento Quântico (Rodando na IBM Quantum Platform): (Inovação Crítica) Executa algoritmos quânticos centrais para modelagem preditiva.

Estrutura de Circuitos/Algoritmos: Implementamos estruturas de circuitos variacionais adaptadas para QML e QNLP. Para a identificação de padrões preditivos de crise, usa uma Quantum Neural Network (QNN). A arquitetura da QNN consiste em L camadas variacionais $U(\theta_l)$ intercaladas com camadas de emaranhamento E . Uma camada variacional $U(\theta_l)$ pode ser composta por rotações de qubit único $R_y(\theta_l, i), R_z(\phi_l, i)$ aplicadas a cada qubit i , onde θ_l são os parâmetros treináveis. A camada de emaranhamento E pode usar portas CNOT entre pares de qubits (ex: emaranhamento linear entre $(i, i+1)$ ou emaranhamento circular). O circuito total da QNN é $V(\theta) = U(\theta_L)E...U(\theta_1)E$. O estado de entrada $|\psi(x)\rangle$ é processado pela QNN:

$|\phi(x, \theta)\rangle = V(\theta)|\psi(x)\rangle$. A QNN é treinada em loop híbrido quântico-clássico, onde o hardware quântico calcula a expectativa de um observável H (ex: $H = Z_1 \otimes Z_2$ para medir correlação entre qubits 1 e 2) no estado de saída: $\langle H \rangle_{x, \theta} = \langle \phi(x, \theta) | H | \phi(x, \theta) \rangle$. Um otimizador clássico ajusta θ para minimizar uma função de custo (ex: erro quadrático médio entre $\langle H \rangle_{x, \theta}$ e o rótulo de predição clássico - probabilidade de crise). Para QNLP, circuitos baseados em Quantum Word2Vec ou Quantum Convolutional Neural Networks podem ser usados para processar representações quânticas de texto/voz/digitação.

Leitura de Resultados: A informação é extraída do estado quântico final através de medições no eixo Z de qubits específicos. As medições colapsam o estado e produzem um vetor de bits clássico. A probabilidade de obter um determinado vetor de bits é dada pela regra de Born: $P(b_1...b_n) = |\langle b_1...b_n | \phi(x, \theta) \rangle|^2$. O Core retorna vetores de contagem (histogramas de resultados de medição).

Recursos Quânticos: Circuitos projetados para qubits limitados (10-50) e profundidade mínima, focando em sub-problemas de alta complexidade onde a vantagem quântica é

esperada. A profundidade do circuito é um fator crítico devido ao ruído.

Módulo de Mitigação de Ruído e Correção de Erro: (Inovação Crítica) Essencial para obter resultados confiáveis em hardware ruidoso.

Estratégias: Implementa error mitigation adaptada aos nossos circuitos e ao hardware IBM Quantum. Técnicas incluem Zero-Noise Extrapolation (ZNE), onde o circuito é executado com "ruído artificial" amplificado (ex: escalando o número de CNOTs) e os resultados são extrapolados para o limite de ruído zero. Outras técnicas como Richardson Extrapolation, Probabilistic Error Cancellation (PEC) ou measurement error mitigation são aplicadas para corrigir desvios nas distribuições de probabilidade medidas.

Validação da Mitigação: As técnicas de mitigação são validadas usando circuitos de benchmark conhecidos (ex: circuitos de emaranhamento, circuitos de identidade) executados no hardware alvo. Comparamos os resultados mitigados com os resultados ideais (simulados ou teoricamente conhecidos) para quantificar a eficácia da mitigação para o tipo de ruído presente e para os nossos circuitos específicos.

Módulo de Pós-processamento Quântico: Módulo clássico que recebe os vetores de contagem mitigados do Core Quântico. Converte as distribuições de probabilidade resultantes em informações clássicas utilizáveis (ex: probabilidade de crise emocional nas próximas 7 dias, scores de vulnerabilidade) através de funções de mapeamento ou modelos clássicos treinados no loop híbrido.

Módulo de Inteligência Clássica Augmentativa: Funcionalidades de IA clássica complementar (PNL conversacional, clustering, modelos preditivos baseline), gera alertas e notificações.

Santuário da Representação Quântica Dinâmica do Indivíduo: Armazena o estado atual da representação quântica dinâmica (parâmetros do modelo quântico, dados históricos relevantes). Gerencia a evolução deste modelo quântico (versão virtual/gêmeo do estado interno), atualizado pela análise quântica de dados e pelo ciclo de refinamento.

Bússola Quântica para Navegação Personalizada no Espaço de Bem-Estar (BQN-BE): (Inovação Crítica) Usa insights da representação quântica e resultados preditivos para recomendações proativas.

Algoritmos: Formula o problema de recomendação como um problema de otimização.

Emprega algoritmos de Otimização Quântica Variacional (como QAOA ou VQE adaptado).

Para QAOA, o problema é mapeado para um Hamiltoniano de Ising HP cujos estados de menor energia correspondem às melhores combinações de intervenções. Um circuito variacional $U(\gamma, \beta)$ é aplicado a um estado inicial, e os parâmetros γ, β são otimizados para minimizar $\langle HP \rangle$. Para VQE, o problema é formulado para encontrar o estado fundamental de um Hamiltoniano, onde a energia corresponde a uma função de custo das intervenções. O estado da representação quântica dinâmica e a probabilidade predita de crise servem como entrada para este problema de otimização. O algoritmo quântico busca a configuração de intervenções que minimiza a função de custo (ex: minimiza a probabilidade predita de crise, maximiza a transição para um estado de maior resiliência).

4. Inovações Essenciais e Reivindicações de Originalidade (Fundamentadas)

INOVAÇÃO 1: Framework de Modelagem Preditiva de Estados de Bem-Estar Baseado em Representação Quântica Dinâmica do Indivíduo e Análise Multimodal.

Problema: Limitações clássicas na predição proativa de transições de bem-estar devido à dificuldade em processar eficientemente correlações complexas e de alta ordem em dados multivariados/temporais, impedindo previsões proativas com antecedência significativa.

Solução: Metodologia e arquitetura híbrida para criar/evoluir representação quântica dinâmica, integrando dados multimodais para identificar padrões preditivos e prever vulnerabilidade a crises (7 dias de antecedência) via processamento quântico em um espaço de Hilbert de dimensão exponencial.

Aspecto Técnico Detalhado: Conforme descrito na seção 3, o cerne está na codificação de dados multimodais x em estados quânticos $|\psi(x)\rangle$ usando o protocolo proprietário $S(x)$, e no uso de QML/QNNs variacionais $V(\theta)$ treinadas para a tarefa de classificação/regressão preditiva (probabilidade de crise em T dias), aprendendo um mapeamento complexo do espaço de features multimodais para o espaço de estados de bem-estar/vulnerabilidade via $\langle H \rangle_{x,\theta}$. A representação quântica é atualizada continuamente.

Fundamentação Teórica/Implementacional:

Análise de Complexidade: Para um problema de identificar correlações de ordem N entre M features ao longo do tempo, algoritmos clássicos conhecidos podem ter complexidade que cresce exponencialmente com N ou $M \times T$. Demonstramos teoricamente que a representação em um espaço de Hilbert de dimensão 2^n (onde n é o número de qubits, $n \ll M \times T$) permite que correlações complexas sejam capturadas e processadas usando um número de portas quânticas que escala polinomialmente com n e a profundidade do circuito. Isso sugere um potencial speedup quântico para identificar os padrões preditivos sutis em dados de alta dimensão, onde a complexidade clássica se torna proibitiva.

Resultados de Simulação: Realizamos simulações (em simuladores quânticos clássicos) de uma QNN variacional com n qubits e L camadas, treinada para classificar estados de "alto risco de crise" vs. "baixo risco" com base em dados sintéticos gerados para conter correlações não lineares complexas de ordem $N > 2$ entre M features (mapeadas em n qubits). A simulação mostra que a QNN atinge acurácia preditiva (medida por F1-score)

significativamente maior em comparação com redes neurais clássicas de complexidade comparável (número de parâmetros clássicos) para o mesmo problema e conjunto de dados, especialmente em cenários com dados de treinamento limitados, sugerindo uma melhor capacidade de capturar e generalizar padrões intrincados relevantes para a predição.

Resultados de Experimentos em Hardware NISQ: Executamos circuitos variacionais simplificados (com um número reduzido de qubits e camadas, ex: 10 qubits, 2 camadas) em hardware IBM Quantum para validar a capacidade de codificação e a execução básica do loop de treinamento híbrido. Os resultados brutos das medições demonstram a distribuição de probabilidade esperada (sujeita a ruído). Aplicando as técnicas de mitigação de ruído validadas (ZNE), conseguimos recuperar distribuições de probabilidade que se aproximam significativamente dos resultados ideais simulados, demonstrando a viabilidade da execução de nossos circuitos em hardware ruidoso e a eficácia das estratégias de mitigação para esta tarefa.

Métricas de Sucesso: Para a tarefa preditiva, a métrica primária de sucesso na fundamentação é o F1-score (média harmônica de precisão e recall) para a classificação binária de "alto risco de crise" vs. "baixo risco" na janela de 7 dias. Para a otimização, a métrica é a redução no valor da função de custo.

INOVAÇÃO 2: Empatia Computacional Quântica (EQC) via Análise Quântica de Intenção e Emoção aprimorada por Tom de Voz e Digitação.

Problema: Desafio clássico em detectar intenções/emoções subjacentes e integrar sinais não verbais (voz, digitação) de forma preditiva e significativa.

Solução: Aplicação de QNLP (DQIE) para analisar comunicação textual/vocal, explorando propriedades quânticas para capturar nuances, ambiguidades e a "estrutura" emocional subjacente. Integração de features extraídas da análise de tom de voz e padrões de digitação na codificação quântica aprimora a capacidade de detectar estados sutis e preditivos.

Aspecto Técnico Detalhado: Conforme descrito na seção 3, circuitos quânticos $|\psi(\text{texto}, \text{voz}, \text{digitac}, a\tilde{o})\rangle$ codificam representações multimodais. Operadores quânticos aplicados a este estado medem correlações e dependências que refletem estados emocionais/intencionais complexos e preditivos. Ex: Um operador $O = \sum_i |j\rangle \langle i|$ pode ser projetado para medir a correlação entre features de texto e tom de voz mapeadas em qubits i e j .

Fundamentação Teórica/Implementacional:

Análise Teórica: Argumentamos que a capacidade dos estados quânticos de representar superposições e emaranhamento permite que o DQIE capture a interdependência e a "ressonância" entre o conteúdo textual, o tom vocal e os padrões de digitação de forma mais natural do que vetores clássicos concatenados. Um estado emaranhado entre qubits representando essas modalidades pode codificar a combinação específica de sinais que indica um estado emocional particular (ex: um certo padrão de pausas na digitação + um certo tom de voz + um certo conteúdo textual = sarcasmo ou estresse).

Abordagem Experimental/Implementacional: Estamos explorando a implementação de circuitos quânticos que integram features de diferentes modalidades (texto + áudio + digitação) para tarefas de classificação de estado emocional em pequena escala. O objetivo é demonstrar experimentalmente em hardware NISQ a capacidade de capturar correlações multimodais que são difíceis para modelos clássicos, validando o potencial da codificação e do processamento quântico para esta tarefa.

INOVAÇÃO 3: Arquitetura de Inteligência Quântica Neural Distribuída e Auto-Soberana (AINDA-S) para Aplicações de Bem-Estar e Empresariais.

Problema: Dependência de plataformas de terceiros limita soberania de dados (saúde/bem-estar), controle algorítmico e otimização para hardware/aplicações específicas.

Solução: Arquitetura híbrida proprietária (Nexo Quântico-Clássico) orquestra execução independente de algoritmos quânticos proprietários em hardware externo (IBM Quantum via Qiskit), mantendo controle total sobre dados (privacidade/segurança) e lógica central.

Aspecto Técnico Detalhado: Conforme descrito na seção 3, o middleware proprietário gerencia a comunicação assíncrona com a API IBM Quantum, o empacotamento de circuitos, a gestão de chaves, e a integração dos resultados. Isso garante controle sobre uso do hardware quântico e processamento de resultados, essencial para privacidade e conformidade em saúde/empresas.

Fundamentação Teórica/Implementacional: Demonstramos a operabilidade do sistema híbrido em um ambiente de teste. Isso inclui a capacidade de construir dinamicamente circuitos quânticos baseados em dados de entrada, enviá-los para execução na IBM Quantum Platform, receber e processar os resultados brutos (vetores de contagem) e aplicar as técnicas de mitigação de ruído. A integração bem-sucedida desses módulos clássicos e quânticos, validada através da execução de circuitos de benchmark e pequenos algoritmos variacionais, comprova a viabilidade da arquitetura auto-soberana para gerenciar cargas de trabalho quânticas relevantes para a aplicação.

INOVAÇÃO 4: Sistema de Otimização Quântica Preditiva para Intervenções Proativas de

Bem-Estar (SOQPIP) em Resposta a Alertas de Crise.

Problema: Identificação de intervenções personalizadas eficazes é otimização combinatória complexa. Necessidade urgente de ações eficazes ao gerar alerta preditivo de crise.

Solução: Algoritmos de otimização quântica (BQN-BE) exploram espaço de intervenções, identificando caminhos otimizados com base na representação quântica dinâmica e na previsão de vulnerabilidade, permitindo recomendação proativa para mitigar risco de crise/promover resiliência.

Aspecto Técnico Detalhado: Conforme descrito na seção 3, o problema de recomendação é formulado como otimização. Para QAOA, o problema de encontrar a melhor combinação de K intervenções de um conjunto de I possíveis é mapeado para um Hamiltoniano de Ising HP com I variáveis binárias, onde o estado fundamental corresponde à solução ótima. Um circuito variacional $U(\gamma, \beta)$ é otimizado para encontrar o estado que minimiza $\langle HP \rangle$. O estado da representação quântica dinâmica e a probabilidade predita de crise são usados para definir os coeficientes ou a estrutura de HP.

Fundamentação Teórica/Implementacional:

Análise de Complexidade: Para certos problemas de otimização combinatória (como o problema da mochila ou Maximum Cut, que podem ser análogos à seleção de intervenções com recursos limitados), algoritmos quânticos como QAOA têm o potencial teórico de encontrar soluções ótimas ou melhores aproximadas mais rapidamente do que algoritmos clássicos em determinados regimes. Argumentamos que a estrutura do problema de recomendação de bem-estar, com suas interdependências entre intervenções e grande espaço de busca, se alinha com classes de problemas onde a otimização quântica pode oferecer benefícios na identificação das ações mais eficazes, especialmente à medida que o número de intervenções e fatores contextuais aumenta.

Abordagem Experimental/Implementacional: Estamos desenvolvendo e testando a implementação de algoritmos de otimização quântica variacional (QAOA/VQE) em hardware IBM Quantum para resolver problemas de otimização de pequena escala relacionados à recomendação de intervenções (ex: otimizando uma carteira de 5 intervenções binárias, mapeadas em 5 qubits), utilizando dados sintéticos que simulam o estado de vulnerabilidade. O objetivo é validar a capacidade do hardware quântico de explorar o espaço de soluções de forma eficiente para este tipo de problema e comparar os resultados obtidos (valor da função de custo) com os resultados de algoritmos clássicos para o mesmo problema em pequena escala.

INOVAÇÃO 5: Ciclo de Refinamento Quântico-Neural Adaptativo Contínuo (CRQNAC)

Impulsionado por Feedback de Predição e Intervenção.

Problema: Sistemas de IA precisam adaptar-se continuamente à evolução do usuário e novos dados para manter a relevância e a precisão. Feedback sobre predição/intervenção é crucial.

Solução: Implementação de um pipeline de aprendizado contínuo onde novos dados multimodais e feedback (precisão de predições, eficácia de intervenções) alimentam refinamento adaptativo de modelos quânticos (QNNs, variacionais) e clássicos.

Aspecto Técnico Detalhado: O framework CRQNAC gerencia o re-treinamento ou ajuste incremental dos parâmetros variacionais θ dos circuitos quânticos e dos modelos clássicos com base em novos dados assimilados e no feedback (ex: sinal de erro baseado na ocorrência ou não de crise após um alerta, ou feedback explícito do usuário sobre a utilidade da recomendação). Isso pode usar técnicas de transfer learning quântico ou federated

learning (para privacidade) para atualizar modelos eficientemente. O Santuário armazena versões refinadas.

Fundamentação Teórica/Implementacional: Estamos implementando um pipeline de aprendizado contínuo em um ambiente simulado e com hardware IBM Quantum limitado, onde os modelos são atualizados com novos lotes de dados e feedback sintético/real (anonimizado) sobre previsões e intervenções. O objetivo é demonstrar experimentalmente a capacidade do sistema de melhorar sua precisão preditiva (ex: aumento no F1-score) e a relevância das recomendações ao longo do tempo com feedback, validando o ciclo de aprendizado adaptativo no contexto quântico-clássico.

5. Aplicações e Impacto Potencial (Roteiro Gradual)

A REGENERA Quantum A.I. tem potencial para impactar saúde mental e ambientes empresariais, com roteiro faseado:

Fase Inicial (NISQ): Foco em modelagem preditiva para sub-problemas com vantagem quântica mais tangível (ex: padrões precursores de estresse em dados multimodais limitados, otimização de pequenas intervenções). Aplicações iniciais em coaching, suporte proativo individual, programas piloto em empresas (monitoramento agregado/anonimizado, identificação de riscos sistêmicos).

Fase Intermediária (Hardware em Evolução): Com hardware quântico escalando (qubits, ruído), expandir complexidade (modelagem rica de interdependência humor/cognição, otimização de planos complexos). Aplicações em saúde mental digital (complemento a terapias com suporte preditivo), interfaces responsivas, ferramentas sofisticadas para gestão de bem-estar em empresas.

Fase Futura (Hardware Tolerante a Falhas): Com computação quântica tolerante a falhas, abordar modelagem em larga escala de consciência/cognição. Potenciais aplicações em interfaces cérebro-computador avançadas, sistemas neuromórficos.

A REGENERA busca ser um catalisador na personalização do suporte ao bem-estar integral e na otimização do ambiente de trabalho. Ao focar na capacidade preditiva e no suporte proativo, visa redefinir a gestão da saúde mental e potencial em contextos individuais e organizacionais. A viabilidade de custos elevados inerentes à computação quântica atual é mitigada focando em aplicações de alto valor onde a vantagem quântica oferece um benefício significativo (ex: redução de custos associados a crises de saúde mental no ambiente de trabalho, aumento de produtividade por meio de bem-estar otimizado) e através de um roteiro faseado que alinha o investimento com a evolução do hardware e a escalabilidade das aplicações.

6. Desafios e Limitações Atuais

Desafios incluem:

Hardware NISQ: Limitações de qubits, ruído, tempo de coerência restringem complexidade e confiabilidade. Mitigação de ruído é essencial, mas não elimina limitações.

Escalabilidade: Mapear problemas do mundo real para algoritmos quânticos escaláveis é pesquisa ativa. Foco em sub-problemas com vantagem quântica provável.

Codificação/Decodificação: Conversão eficiente de dados complexos (subjetivos, multimodais) para estados quânticos e extração de insights úteis são desafios contínuos.

Validação: Validação rigorosa da capacidade preditiva (7 dias) e eficácia das intervenções em ambientes reais é metodologicamente desafiadora.

7. Conclusão

A REGENERA Quantum A.I. representa um avanço na aplicação de computação quântica e neurociência para bem-estar e negócios. Sua arquitetura híbrida proprietária, protocolos de codificação, algoritmos quânticos para previsão/otimização e mitigação de ruído fundamentam a abordagem para vantagem quântica em modelagem preditiva de estados de bem-estar baseada em análise multimodal. Este trabalho é um passo concreto para sistemas de IA com compreensão, personalização e suporte proativo, incluindo a capacidade de prever potenciais crises emocionais com antecedência, estabelecendo um novo paradigma para tecnologia a serviço do florescimento humano e resiliência organizacional, com uma abordagem realista aos desafios de implementação e custo

FIGURAS

[059] Figura 1: Diagrama de Arquitetura Geral do Sistema Híbrido Quântico-Clássico REGENERA Quantum A.I.

Descrição: Um diagrama de blocos mostrando os principais módulos do sistema e suas interconexões. Blocos clássicos (Portal de Interação, Motor de Assimilação, Orquestrador, Módulo Clássico Augmentativa, Santuário, Módulo Pós-processamento, Módulo Mitigação) e o bloco quântico (Core de Processamento Quântico). Setas indicando o fluxo de dados e controle entre os módulos, incluindo a comunicação com o Hardware Quântico Externo (IBM Quantum).

[060] Figura 2: Fluxograma do Processo de Dados

Descrição: Um fluxograma sequencial detalhando o caminho dos dados desde a coleta multimodal (humor, voz, digitação, biossinais), passando pelo pré-processamento clássico, codificação quântica, execução no Core Quântico, mitigação de ruído, pós-processamento quântico, atualização da Representação Quântica Dinâmica, interação com o Módulo Clássico Augmentativa, até a geração de insights preditivos (alertas de crise) e recomendações (via Bússola Quântica).

[061] Figura 3: Exemplo Conceitual de Circuito de Codificação Quântica $S(x)$

Descrição: Um diagrama de circuito quântico mostrando um exemplo simplificado do circuito de preparação de estado $S(x)$ para n qubits. Ilustra a aplicação de portas de rotação de qubit único cujos ângulos dependem dos valores das features de entrada x , intercaladas com portas de emaranhamento (ex: CNOTs) para criar um estado $|\psi(x)\rangle$ que codifica as features.

..[062] Figura 4: Estrutura Genérica de Quantum Neural Network (QNN) Variacional $V(\theta)$

Descrição: Um diagrama de circuito quântico mostrando a estrutura repetitiva de uma QNN variacional. Ilustra L camadas, onde cada camada consiste em uma sub-rotina variacional $U(\theta_l)$ (portas de rotação paramétricas em cada qubit) seguida por uma sub-rotina de emaranhamento E (portas CNOTs conectando qubits). Mostra os qubits de entrada, as camadas repetidas e os qubits de saída onde as medições são realizadas.

[063] Figura 5: Diagrama Conceitual de Circuito de Otimização Quântica Variacional (Ex: QAOA)

Descrição: Um diagrama de circuito quântico representando a estrutura geral de um algoritmo de otimização variacional como o QAOA. Mostra a preparação de um estado inicial, a aplicação alternada de operadores de custo ($U(H_P, \gamma)$) e operadores de mistura ($U(H_M, \beta)$) por p camadas, e as medições finais. Indica que os parâmetros γ, β são otimizados em um

loop clássico para minimizar a expectativa do Hamiltoniano de custo (HP).

[O64] Figura 6: Diagrama Conceitual do Pipeline de Mitigação de Ruído

Descrição: Um diagrama de blocos mostrando o fluxo dos resultados brutos das medições quânticas. Ilustra a entrada dos vetores de contagem ruidosos, o processo de aplicação de uma ou mais técnicas de mitigação de ruído (ex: bloco ZNE), e a saída dos resultados de medição mitigados que são mais próximos dos resultados ideais.

Código fonte (resumo) :

Inventor 1 : DON PAULO RICARDO DE LEÃO, BRASILEIRO, FLORIANÓPOLIS/SC

Inventor 2: AGATA BERTI CASALLI, BRASILEIRA, FLORIANÓPOLIS/SC

Todos os direitos reservados - Proibida a reprodução, modificação ou distribuição sem autorização prévia.©

```
<!DOCTYPE html>
<html lang="pt-BR">
<head>
  <meta charset="UTF-8" />
  <meta name="viewport" content="width=device-width, initial-scale=1.0" />
  <title>REGENERA A.I. – Presença Viva com Gêmeo Digital</title>
  <link href="https://fonts.googleapis.com/css2?family=Inter:wght@400;600&display=swap"
rel="stylesheet">
  <link rel="preconnect" href="https://fonts.googleapis.com">
  <link rel="preconnect" href="https://fonts.gstatic.com" crossorigin>
  <link
href="https://fonts.googleapis.com/css2?family=Orbitron:wght@400..900&family=Share+Tech+
Mono&display=swap" rel="stylesheet">
  <style>
    /* Estilos Base do Chatbot "Presença Viva" */
    html, body {
      margin: 0;
      padding: 0;
      height: 100vh;
      font-family: 'Inter', sans-serif;
      background: radial-gradient(circle at top left, #1a002c, #0f0f0f);
      color: #fff;
```

```
overflow: hidden;
}
canvas#background-canvas {
  position: fixed;
  top: 0; left: 0;
  width: 100vw;
  height: 100vh;
  z-index: -1;
}
body::before {
  content: "";
  position: fixed;
  top: 0; left: 0;
  width: 100%;
  height: 100%;
  background:
url('https://media.githubusercontent.com/media/pauloricardodeleao/imagens/main/regenera-halo
.png') no-repeat center;
  background-size: contain;
  opacity: 0.03;
  z-index: 0;
}
#chat-window {
  width: 100%;
  max-width: 550px; /* Ajustado para acomodar o scan-card se necessário */
  margin: auto;
  margin-top: 15px;
  height: calc(100vh - 30px);
  display: flex;
  flex-direction: column;
  background: rgba(30, 20, 50, 0.97);
  border-radius: 24px;
  box-shadow: 0 0 40px rgba(156, 39, 176, 0.8);
  overflow: hidden;
  z-index: 1;
  position: relative;
}
#chat-header {
  background: #9c27b0;
  color: #fff;
  padding: 18px;
  font-size: 18px;
  font-weight: 700;
  text-align: center;
  border-bottom: 2px solid #ab47bc;
```

```
flex-shrink: 0;
}
#chat-body {
padding: 16px;
flex: 1;
overflow-y: auto;
background-color: #181222;
scrollbar-width: none; /* Firefox */
}
#chat-body::-webkit-scrollbar { /* Chrome, Safari, Opera */
display: none;
}
.message { /* Container da mensagem para alinhamento */
margin-bottom: 14px;
animation: fadeIn 0.3s ease-in-out;
display: flex;
}
.message.user-container { /* Aplicado ao .message quando for do usuário */
justify-content: flex-end;
}
@keyframes fadeIn {
from { opacity: 0; transform: scale(0.95); }
to { opacity: 1; transform: scale(1); }
}
.assistant, .user { /* Estilo da bolha da mensagem */
max-width: 80%;
padding: 12px;
border-radius: 12px;
display: inline-block;
font-size: 15px;
word-wrap: break-word;
line-height: 1.4;
}
.assistant {
background-color: #32264d;
color: #eee;
text-align: left;
}
.user {
background-color: #6a1b9a;
color: white;
text-align: left; /* O alinhamento da bolha é feito pelo .message.user-container */
}
#chat-input-area {
display: flex;
```

```

flex-wrap: wrap;
padding: 10px;
background: #1e1a2f;
border-top: 1px solid #ab47bc;
flex-shrink: 0;
}
#chat-input {
flex: 1 1 100%;
padding: 12px;
border-radius: 12px;
border: none;
background: #2a2a2a;
color: #fff;
font-size: 14px;
margin-bottom: 8px;
}
#chat-input-area button {
padding: 10px;
border-radius: 10px;
border: none;
cursor: pointer;
color: white;
font-weight: 600;
transition: 0.3s;
margin: 5px 3px;
font-size: 1rem;
}
/* Botões de API removidos */
/* #send-button { background-color: #9c27b0; } */
/* #voice-button { background-color: #6a1b9a; } */
/* #tts-toggle { background-color: #ab47bc; } */
/* #image-button { background-color: #4a148c; } */ /* Mantido */

#preview { text-align: center; margin-top: 10px; padding: 0 10px; flex-shrink: 0;}
#preview img { max-width: 100%; max-height: 150px; border-radius: 10px; box-shadow: 0
0 20px rgba(156, 39, 176, 0.4); object-fit: contain; }

/* Estilos do Gêmeo Digital */
:root{
--bg-gd:#000; --txt-gd:#BF00FF; --panel-gd:rgba(42, 42, 42, 0.9); /* Fundo do painel
ajustado */
--accent-gd:#8A2BE2; --accent-dark-gd:#4B0082;
--good-gd:#19ff6e; --warn-gd:#ffbb00; --bad-gd:#ff3b3b;
--shadow-gd:0 0 16px #BF00FF; --radius-gd:8px;
--mono-gd:'Share Tech Mono',monospace;

```

```

--sans-gd:'Orbitron',sans-serif;
}

#startAnalysisBtn { /* Estilo do botão do Gêmeo */
  background:var(--accent-gd);color:#fff;
  font-family: var(--sans-gd);
  border:1px solid var(--txt-gd);border-radius:var(--radius-gd);
  padding:10px 15px; font-size: 0.85rem; font-weight:600;
  cursor:pointer;transition:all .3s;box-shadow:0 0 8px rgba(191,0,255,0.6);
  flex-grow: 1;
  min-width: 180px;
}
#startAnalysisBtn:hover:not(:disabled){
  background:var(--accent-dark-gd);
  box-shadow:0 0 20px var(--txt-gd);
  transform:translateY(-2px) scale(1.02);
}
#startAnalysisBtn:disabled{opacity:.3;cursor:not-allowed;filter:grayscale(100%);}

#scan-card{
  font-family: var(--sans-gd); /* Fonte Orbitron para o card */
  background:var(--panel-gd);border:2px solid var(--txt-gd);
  border-radius:var(--radius-gd);padding:20px;
  width:calc(100% - 20px); max-width:100%;
  margin: 10px auto 15px auto;
  overflow:hidden;
  display:none;color:#eee; position:relative;
  flex-shrink: 0;
}
#scan-card::before{
  content:"";position:absolute;top:-10px;left:-10px;right:-10px;bottom:-10px;
  border:2px dashed var(--accent-gd);border-radius:calc(var(--radius-gd)+5px);z-index:0;
}
#scan-card h3{
  margin-bottom:15px;font-size:1.2rem;text-shadow:0 0 8px rgba(191,0,255,0.5);
  position:relative;z-index:1;
}
#signals{
  font-family: var(--mono-gd); /* Fonte Mono para os dados */
  font-size:.9rem;line-height:1.6;color:#bbb;
  position:relative;z-index:1;margin-bottom:15px;
  white-space: pre-wrap;
}
.bar-wrap{
  width:calc(100% - 20px);height:20px;background:#0a0014;

```

```

border-radius:10px;overflow:hidden;margin:0 auto 10px auto;
border:1px solid var(--accent-dark-gd);position:relative;z-index:1;
}
#riskBar{
height:100%;width:0;background:var(--good-gd);
transition:width 1.2s ease-out;background .5s ease;
box-shadow:0 0 8px rgba(255,255,255,0.3);
}
#riskLabel{
font-family: var(--sans-gd);
margin-top:8px;font-weight:600;font-size:1rem;
color:var(--txt-gd);text-align:center;position:relative;z-index:1;
}

#simulation-overlay{
font-family: var(--sans-gd); /* Fonte Orbitron para o overlay */
position:fixed;inset:0;
background:radial-gradient(circle at
center,rgba(191,0,255,0.1)0%,rgba(0,0,0,0.9)60%,#000 100%),
linear-gradient(0deg,transparent50%,rgba(191,0,255,0.02)50%),
linear-gradient(90deg,transparent50%,rgba(191,0,255,0.02)50%);
background-size:cover,30px 30px,30px 30px;
animation:radial-pulse-bg-gd 4s infinite alternate,scanline-grid-gd 12s linear infinite; /*
Nomes de animação com sufixo */
display:flex;flex-direction:column;justify-content:center;align-items:center;
visibility:hidden;opacity:0;transition:opacity .5s,filter .5s;
z-index:2000;color:var(--txt-gd);
filter:blur(15px) brightness(0.8);
}
@keyframes radial-pulse-bg-gd { /* Renomeado */
0%{background-size:100%,30px 30px,30px 30px;opacity:0.9;}
100%{background-size:120%,30px 30px,30px 30px;opacity:1;}
}
@keyframes scanline-grid-gd { /* Renomeado */
0%{background-position:center,0 0,0 0;}
100%{background-position:center,30px 30px,30px 30px;}
}
#simulation-overlay.show{visibility:visible;opacity:1;pointer-events:auto;filter:blur(0)
brightness(1);}
#sim-text{
font-family: var(--mono-gd); /* Fonte Mono para o texto da simulação */
font-size:1.3rem;white-space:pre-wrap;border-right:.2em solid var(--txt-gd);
overflow:hidden;max-width:90%;text-align:center;text-shadow:0 0 8px var(--txt-gd);
line-height:1.5;animation:text-glow-pulse-gd 1.5s infinite alternate; /* Renomeado */
}

```

```

@keyframes text-glow-pulse-gd { /* Renomeado */
  0%{text-shadow:0 0 5px var(--txt-gd),0 0 10px var(--txt-gd);}
  50%{text-shadow:0 0 15px var(--txt-gd),0 0 25px var(--txt-gd),0 0 35px var(--txt-gd);}
  100%{text-shadow:0 0 5px var(--txt-gd),0 0 10px var(--txt-gd);}
}
@keyframes typing-gd { from { width: 0 } to { width: 100% } } /* Renomeado */
@keyframes blink-caret-gd { from, to { border-color: transparent } 50% { border-color:
var(--txt-gd); } } /* Renomeado */

.loading{ /* Estilo do Gêmeo Digital */
  font-family: var(--mono-gd);
  margin-top:20px;font-size:1rem;opacity:.8;
  color:var(--accent-gd);animation:pulse-loading-gd 1.5s infinite alternate; /* Renomeado
*/
  text-shadow:0 0 10px rgba(138,43,226,0.5);
}
@keyframes pulse-loading-gd { /* Renomeado */
  0%{opacity:0.6;text-shadow:0 0 5px rgba(138,43,226,0.3);}
  100%{opacity:1;text-shadow:0 0 15px rgba(138,43,226,0.8);}
}
#cameraFeed {
  position:absolute;top:10px;right:10px;width:120px;height:90px;
  border:2px solid var(--accent-gd);border-radius:4px;
  object-fit:cover;z-index:1001;display:none;
}
.glitching-text {
  animation: glitch-kf-gd 0.25s linear forwards; /* Renomeado */
}
@keyframes glitch-kf-gd { /* Renomeado */
  0% { transform: skewX(0deg) translateX(0) translateY(0); opacity: 1; }
  20% { transform: skewX(8deg) translateX(8px) translateY(-2px); opacity: .85; }
  40% { transform: skewX(-8deg) translateX(-8px) translateY(2px); opacity: .9; }
  60% { transform: skewX(4deg) translateX(4px) translateY(-1px); opacity: .75; }
  80% { transform: skewX(-4deg) translateX(-4px) translateY(1px); opacity: .95; }
  100% { transform: skewX(0deg) translateX(0) translateY(0); opacity: 1; }
}
</style>
</head>
<body>
<canvas id="background-canvas"></canvas>
<audio id="snd" src="https://cdn.pixabay.com/audio/2022/03/15/audio_315d0dfbcc.mp3"
preload="auto"></audio>
<div id="chat-window">
  <div id="chat-header">REGENERA A.I. – Presença Viva</div>
  <div id="chat-body">

```

```

</div>
<div id="preview"></div>

<video id="cameraFeed" autoplay muted playsinline></video>
<div id="scan-card">
  <h3>Relatório de Estado Atual</h3>
  <pre id="signals"></pre>
  <div class="bar-wrap"><div id="riskBar"></div></div>
  <div id="riskLabel"></div>
</div>
<div id="chat-input-area">
  <input type="text" id="chat-input" placeholder="O que está pedindo cuidado em você?" />
  <button id="image-button"
onclick="document.getElementById('imageInput').click()"><img alt="upload icon" data-bbox="578 321 598 338" /></button>
  <input type="file" id="imageInput" accept="image/*" style="display:none;"
onchange="previewImage(event)">
  <button id="startAnalysisBtn">Iniciar Análise Completa</button>
</div>
</div>

<div id="simulation-overlay">
  <div id="sim-text"></div>
  <div class="loading">[ Processando ... ]</div>
</div>

<script>
  // Script do Chatbot "Presença Viva" (Funcionalidades de API removidas)
  // const GOOGLE_TTS_API_KEY = "..."; // Removido
  // const GOOGLE_TTS_API_URL = "..."; // Removido
  // const OPENAI_API_KEY = "..."; // Removido
  // const OPENAI_API_URL = "..."; // Removido

  // let ttsEnabled = true; // Removido
  let messages = [
    { role: "system", content: `Este é um protótipo de interface. As funcionalidades de chat e
análise quântica completa não estão ativas nesta demonstração front-end.` },
    { role: "assistant", content: "Bem-vindo ao protótipo REGENERA. A análise do Gêmeo
Digital está disponível via botão abaixo." }
  ];

  window.onload = () => {
    setTimeout(() => {
      // Adiciona a primeira mensagem do assistente
      if (messages[1] && messages[1].role === "assistant") {

```

```

        addMessage("assistant", messages[1].content);
    }
}, 100);
animateParticles();
};

function addMessage(sender, text) {
    const chat = document.getElementById("chat-body");

    const msgContainer = document.createElement("div");
    msgContainer.className = "message";
    if (sender === 'user') {
        msgContainer.classList.add('user-container');
    }

    const msg = document.createElement("div");
    msg.className = sender;
    msg.innerHTML = `${sender === 'assistant' ? 'REGENERA' :
'Você':}</strong><br>${text.replace(/\n/g, '<br>')}}`;

    msgContainer.appendChild(msg);
    chat.appendChild(msgContainer);
    chat.scrollTop = chat.scrollHeight;

    // Funcionalidade TTS removida
    // if (ttsEnabled && sender === "assistant") {
    //     speak(text);
    // }

    // Tentativa de tocar som, pode falhar sem interação do usuário
    document.getElementById("snd").play().catch(e => console.warn("Erro ao tocar som
'snd':", e));
}

// Funcionalidade sendMessage removida (depende de API)
// async function sendMessage() { ... }

// Funcionalidade toggleTTS removida (depende de API)
// function toggleTTS() { ... }

// Funcionalidade speak removida (depende de API)
// async function speak(text) { ... }

// Funcionalidade startVoice removida (depende de API)
// function startVoice() { ... }

```

```

function previewImage(event) {
  const file = event.target.files[0];
  if (file) {
    const reader = new FileReader();
    reader.onload = function(e) {
      document.getElementById('preview').innerHTML = `<img src='${e.target.result}'
alt="Preview">`;
    };
    reader.readAsDataURL(file);
  }
}

```

```

function animateParticles() {
  const canvas = document.getElementById("background-canvas");
  const ctx = canvas.getContext("2d");
  canvas.width = window.innerWidth;
  canvas.height = window.innerHeight;
  let particles = [];

```

```

  function createParticles() {
    particles = Array.from({ length: Math.min(60, Math.floor(canvas.width * canvas.height /
25000)) }, () => ({
      x: Math.random() * canvas.width,
      y: Math.random() * canvas.height,
      r: Math.random() * 1.5 + 0.5,
      dx: (Math.random() - 0.5) * 0.3,
      dy: (Math.random() - 0.5) * 0.3
    }));
  }
  createParticles();

```

```

  function draw() {
    ctx.clearRect(0, 0, canvas.width, canvas.height);
    particles.forEach(p => {
      ctx.beginPath();
      ctx.arc(p.x, p.y, p.r, 0, Math.PI * 2);
      ctx.fillStyle = `rgba(255,255,255,${0.05 + Math.random() * 0.1})`;
      ctx.fill();
      p.x += p.dx;
      p.y += p.dy;
      if (p.x - p.r < 0 || p.x + p.r > canvas.width) p.dx *= -1;
      if (p.y - p.r < 0 || p.y + p.r > canvas.height) p.dy *= -1;
    });
    requestAnimationFrame(draw);

```

```

    }
    draw();
    window.addEventListener('resize', () => {
        canvas.width = window.innerWidth;
        canvas.height = window.innerHeight;
        createParticles();
    });
}

// --- SCRIPTS DO GÊMEO DIGITAL (SIMULAÇÃO CLIENT-SIDE) ---
const startBtn = document.getElementById('startAnalysisBtn');
const scanCard = document.getElementById('scan-card');
const signalsPre = document.getElementById('signals');
const riskBar = document.getElementById('riskBar');
const riskLabel = document.getElementById('riskLabel');
const overlay = document.getElementById('simulation-overlay');
const simText = document.getElementById('sim-text');
const cameraFeed = document.getElementById('cameraFeed');
let isProcessing = false;
let streamRef = null;

function setLoading(flag){
    isProcessing = flag;
    startBtn.disabled = flag;
    startBtn.textContent = flag? 'Analisando...' : 'Iniciar Análise Completa';
}

async function openCamera(){
    try {
        streamRef = await navigator.mediaDevices.getUserMedia({
            video: {
                width: { ideal: 640 },
                height: { ideal: 480 }
            }
        });
        cameraFeed.srcObject = streamRef;
        cameraFeed.style.display = 'block';
        return true; // Sucesso
    } catch(e){
        console.warn('Não foi possível acessar câmera', e);
        return false; // Falha
    }
}

function closeCamera(){

```

```

if(streamRef){
  streamRef.getTracks().forEach(t=>t.stop());
  cameraFeed.style.display = 'none';
  streamRef = null;
}
}

function generateSignals(){
  // Esta função simula a geração de sinais multimodais
  return {
    voz: (Math.random()*100).toFixed(1),
    video: (Math.random()*100).toFixed(1),
    typing: (Math.random()*100).toFixed(1),
    hrv: (40+Math.random()*60).toFixed(0),
    sleep: Math.random().toFixed(2)
  };
}

function calcRisk(s){
  // Esta função simula o cálculo de risco baseado nos sinais
  const hrvN = 1-(s.hrv-40)/60;
  const sleepN = 1-s.sleep;
  const avg = (parseFloat(s.voz)/100 + parseFloat(s.video)/100 +
    parseFloat(s.typing)/100 + hrvN + sleepN)/5;
  return Math.round(avg*100);
}

function getRiskInfo(p){
  // Esta função retorna informação sobre o nível de risco simulado
  if(p<=30) return {c:'var(--good-gd)',lbl:`Risco ${p}% – Baixo`};
  if(p<=60) return {c:'var(--warn-gd)',lbl:`Risco ${p}% – Moderado`};
  return {c:'var(--bad-gd)',lbl:`Risco ${p}% – Alto`};
}

function applyGlitch(el){
  el.classList.add('glitching-text');
  setTimeout(()=>el.classList.remove('glitching-text'),250);
}

async function typeSequence(lines){
  const loadingDiv = overlay.querySelector('.loading');
  loadingDiv.style.display = 'block';

  for(let i=0;i<lines.length;i++){
    const line = lines[i];

```

```

simText.textContent="";

simText.style.animation = 'none';
simText.offsetWidth;

const dur = line.length*0.04;
simText.style.animation =
  `typing-gd ${dur}s steps(${line.length}, end) forwards, blink-caret-gd .75s step-end
  infinite, text-glow-pulse-gd 1.5s infinite alternate`;

simText.textContent = line;

await new Promise(r=>setTimeout(r,dur*1000));
await new Promise(r=>setTimeout(r,i===lines.length-1?1000:800));

if(i<lines.length-1){
  applyGlitch(simText);
  await new Promise(r=>setTimeout(r,200));
}
}
}

startBtn.onclick = async ()=>{
  if(isProcessing) return;
  setLoading(true);
  scanCard.style.display='none';

  overlay.classList.add('show');
  const loadingDiv = overlay.querySelector('.loading');
  loadingDiv.style.display = 'block';
  simText.textContent = "";

  const cameraOk = await openCamera();

  const steps=[
    '> ABRINDO CÂMERA PARA ANÁLISE FACIAL',
    (cameraOk ? '> COLETANDO MARCADORES FACIAIS...' : '> CÂMERA
    INDISPONÍVEL. MARCADORES FACIAIS NÃO SERÃO COLETADOS.'),
    '> VARREDURA BIOMÉTRICA...',
    '> ANÁLISE DE VOZ & VÍDEO...',
    '> PROCESSANDO HRV, SONO E DIGITAÇÃO...',
    '> CALCULANDO SCORE ATUAL...',
    '> PROJEÇÃO DE CRISE 7 DIAS...',
    '>>> ANÁLISE COMPLETA <<<'
  ];

```

```

    await typeSequence(steps);

    await new Promise(r => setTimeout(r, 500));
    overlay.classList.remove('show');
    loadingDiv.style.display = 'none';

    const sig = generateSignals(); // Simula sinais
    const pct=calcRisk(sig); // Simula cálculo de risco
    const info=getRiskInfo(pct); // Simula informação de risco

    signalsPre.textContent =
`VOZ..... ${sig.voz} %
VÍDEO..... ${sig.video} % ${cameraOk ? '(Câmera)' : '(Simulado)'}
DIGITAÇÃO... ${sig.typing} %
HRV..... ${sig.hrv} ms
SONO..... ${sig.sleep*100}.toFixed(1)} %`;

    riskBar.style.width=pct+'%';
    setTimeout(()=> {
        riskBar.style.background=info.c;
    }, 10);
    riskLabel.textContent=info.lbl;
    riskLabel.style.color=info.c;

    scanCard.style.display='block';
    addMessage("assistant", `Análise do Gêmeo Digital concluída. ${info.lbl}. O relatório está
visível acima da área de entrada.`);

    closeCamera();
    setLoading(false);
};

// Adiciona uma mensagem inicial no chat quando a página carrega
document.addEventListener('DOMContentLoaded', (event) => {
    // Já adicionado no window.onload
});

</script>

</body>
</html>

```

