

OTIMIZAÇÃO DO VAREJO FÍSICO ATRAVÉS DE ANÁLISE DE FLUXO DE CLIENTES UTILIZANDO MACHINE LEARNING E BUSINESS INTELLIGENCE – NEXO

LUCAS CLEITON DOS SANTOS ANTUNES¹

RENAN DE OLIVEIRA SILVA²

RESUMO

O presente trabalho propõe o desenvolvimento sistema denominado "Nexo", que utiliza visão computacional e inteligência artificial para democratizar o acesso a ferramentas de Business Intelligence para o pequeno e médio varejista físico. Enfrentando a desvantagem competitiva em relação ao *e-commerce*, que possui vastos dados sobre o consumidor, o projeto visa capacitar lojistas com métricas quantitativas sobre o comportamento dos clientes no ponto de venda. A solução consiste em uma plataforma escalável que, a partir de múltiplas câmeras de vídeo conectadas em rede, realiza a contagem de pessoas, gera mapas de calor para identificar zonas de maior permanência e efetua uma estimativa demográfica agregada e anônima do público (gênero e faixa etária), tudo em tempo real. Os dados coletados são exibidos em um *dashboard web* intuitivo, fornecendo *insights* acionáveis para otimizar o *layout* da loja, o posicionamento de produtos e as estratégias de marketing, sempre em conformidade com a Lei Geral de Proteção de Dados (LGPD) ao garantir o anonimato dos clientes.

Palavras-chave: Análise de fluxo de clientes, Indústria 4.0, Inteligência de negócio, Otimização de ponto de venda, Processamento de imagem, Visão computacional.

Contextualização da Situação-Problema

A ascensão do *e-commerce* redefiniu o varejo, estabelecendo um cenário onde a Inteligência Artificial (IA) é um investimento estratégico massivo, com um mercado global que deve alcançar US\$ 31,18 bilhões até 2028. Grandes corporações do setor utilizam a IA para analisar dados em larga escala, otimizar a precificação, prever demandas e personalizar a jornada de compra, transformando a análise de dados em um poderoso diferencial competitivo (CORTEX, 2024).

Em forte contraste, o pequeno e médio varejista físico frequentemente opera em desvantagem, tomando decisões cruciais com base na intuição por não possuir acesso facilitado a ferramentas para a coleta e análise de dados de forma estruturada, um passo essencial na transformação digital do setor (SEBRAE, 2023).

Diante deste abismo analítico, emerge o problema central que este projeto busca solucionar: como democratizar o acesso a ferramentas de *Business Intelligence* para o pequeno varejista físico? O desafio consiste em desenvolver uma solução que permita a coleta e a análise de dados sobre o comportamento do consumidor diretamente no ponto de venda, de uma maneira que seja ao mesmo tempo acessível, anônima e eficaz, permitindo que o comércio local também possa tomar decisões estratégicas baseadas em evidências.

Detalhamento do Sistema e Objetivos

O objetivo central deste trabalho é o desenvolvimento da "Nexo", uma plataforma web funcional de baixo custo projetada para a otimização de lojas do varejo físico. A proposta consiste em empregar tecnologias de visão computacional, inteligência artificial e análise de dados para fornecer *dashboards* e *insights* estratégicos. Para tal, a plataforma permite que o varejista cadastre e gerencie uma ou mais câmeras posicionadas em pontos estratégicos de seu ambiente físico, transformando o fluxo de vídeo em dados acionáveis.

Um pilar fundamental da "Nexo" é o processamento de dados em tempo real com foco na privacidade. O sistema analisa o fluxo de vídeo para extrair exclusivamente metadados como contagem de fluxo, mapas de calor e estimativas demográficas agregadas sem realizar o armazenamento de quaisquer imagens ou vídeos. Essa abordagem de anonimização assegura a conformidade com a LGPD (LEI Nº 13.709, DE 14 DE AGOSTO DE 2018). Os dados consolidados alimentam os painéis de controle e um sistema de análise que gera sugestões personalizadas, capacitando o lojista a tomar decisões mais assertivas para otimizar a gestão e maximizar as vendas.

Justificativa, Contribuição e Relevância Social

A justificativa central do projeto reside na necessidade de adaptação do pequeno varejista à era digital para competir com o *e-commerce*. A iniciativa propõe o uso da tecnologia como uma aliada estratégica, fornecendo ferramentas de análise de dados que permitem ao lojista compreender o comportamento do consumidor, otimizar o *layout* da loja e personalizar a experiência do cliente, transformando o espaço físico em um diferencial competitivo. A contribuição do trabalho, portanto, desdobra-se em múltiplas facetas.

Do ponto de vista social e econômico, o projeto visa fortalecer o comércio local, cujos pequenos negócios são a base da economia brasileira, representando 27% do Produto Interno Bruto (PIB) e sendo os maiores geradores de emprego no país, responsáveis por 54% das vagas formais (CNN BRASIL, 2024).

Ao fornecer dados para uma gestão mais estratégica, a solução impacta positivamente a economia da comunidade, tornando os negócios locais mais resilientes. Tecnicamente, a relevância se manifesta na aplicação prática de visão computacional e inteligência artificial em um setor tradicional. Por fim, a contribuição mercadológica é significativa, pois, uma vez desenvolvido, o sistema "Nexo" possui claro potencial para evoluir para um produto escalável no modelo *Software as a Service* (SaaS), atendendo a um nicho de mercado carente de inovação acessível.

Escopo e Limitações

Para delimitar as fronteiras do desenvolvimento, o escopo deste projeto foca na criação de um Produto Mínimo Viável (MVP) do sistema, concebido para validar suas funcionalidades essenciais. Nesta fase inicial, o sistema operará com a análise de um único fluxo de vídeo em tempo real e em máquina local, sendo capaz de realizar a detecção e contagem de pessoas, gerar mapas de calor e gráficos demográficos agregados, exibindo todos os *insights* em um *dashboard* web.

É igualmente importante reforçar que, para a fase inicial de desenvolvimento deste MVP, certas funcionalidades foram deliberadamente deixadas de fora do escopo, podendo ser consideradas como limitações ou possíveis expansões futuras do sistema. Estas limitações incluem a análise simultânea de múltiplas câmeras, o armazenamento de longo prazo para análise histórica e a integração direta com sistemas de Ponto de Venda (PDV).

Adicionalmente, reforçando o compromisso com a privacidade, não será implementado qualquer tipo de identificação ou reconhecimento facial. Por fim, o suporte a *hardware* com recursos computacionais

muito limitados (como um *Raspberry Pi*) também é planejado como uma evolução futura.

REFERENCIAL TEÓRICO

Com base no panorama geral e objetivos do projeto estabelecidos, este capítulo se dedica a alicerçar a fundamentação teórica que sustenta o desenvolvimento. Para isso, a exposição se iniciará com a abordagem dos conceitos e das tecnologias fundamentais que foram empregadas na criação da solução, detalhando as ferramentas que tornam o sistema viável. Por fim, o capítulo apresentará o planejamento do modelo de negócio e a análise de viabilidade do sistema proposto, a fim de estruturar e validar seu potencial de inserção no mercado.

Conceitos e Tecnologias

Este projeto fundamenta-se na intersecção de conceitos do Varejo 4.0, a aplicação da quarta revolução industrial ao setor, que integra os mundos físico e digital e a aplicação de Inteligência de Negócios no ambiente físico. Essa abordagem visa transformar dados brutos sobre o comportamento do consumidor em *insights* estratégicos, uma prática essencial para a competitividade na era atual (TOTVS, 2022). A tecnologia central para essa análise é a Visão Computacional, campo da inteligência artificial que, por meio de Redes Neurais Convolucionais (CNNs), permite a detecção de objetos em tempo real. O modelo YOLO (*You Only Look Once*) é uma arquitetura de CNN notável por sua alta velocidade e eficiência, tornando-o ideal para

a análise de vídeo ao vivo (REDMON, ET AL., 2016, P. 779–788).

Para entregar a solução de forma responsiva, a arquitetura de *software* adota o padrão cliente-servidor, no qual o *backend* é responsável pelo processamento de vídeo e IA. Este será construído com o *microframework Flask*, apropriado para o desenvolvimento de APIs em *Python* (GRINBERG, 2018).

A comunicação em tempo real entre o servidor e o *frontend* (plataforma *web*) será garantida pelo uso do protocolo *WebSockets*, que permite atualizações dinâmicas sem recarregar a página.

Planejamento do Modelo de Negócio e Análise de Viabilidade

Para avaliar o potencial de mercado e a sustentabilidade do projeto “Nexo”, adotou-se o *Business Model Canvas (BMC)* como instrumento central de planejamento estratégico (OSTERWALDER; PIGNEUR, 2011).

O BMC é um quadro visual que organiza a lógica do negócio em nove blocos — Segmentos de Clientes, Proposta de Valor, Canais, Relacionamento com Clientes, Fontes de Receita, Recursos-Chave, Atividades-Chave, Parcerias-Chave e Estrutura de Custos — permitindo representar, comunicar e testar hipóteses de forma sistemática (OSTERWALDER; PIGNEUR, 2011).

No “Nexo”, o BMC tangibiliza a solução tecnológica em um modelo de negócio verificável, com foco no público-alvo (pequenos e médios varejistas) e na monetização por assinatura em

Software como Serviço (SaaS). O *canvas* elaborado conforme figura 1 destaca as escolhas de posicionamento e receita.

Figura 1: *Business Model Canvas (BMC)*



Fonte: Produção própria, 2025.

METODOLOGIA E DESENVOLVIMENTO

Este capítulo descreve os procedimentos metodológicos adotados para a concepção e o desenvolvimento do projeto, garantindo a rastreabilidade e a fundamentação das decisões técnicas. A exposição inicia-se com a caracterização do tipo de pesquisa e o processo de elicitação de requisitos, que definiram o escopo da solução. Em seguida, são detalhadas as tecnologias selecionadas para a construção do Produto Mínimo Viável (MVP) e os critérios estabelecidos para sua validação. Por fim, o capítulo aborda os aspectos éticos e a conformidade com a LGPD, que nortearam todo o desenvolvimento do sistema.

Tipo de Pesquisa

Metodologicamente, este estudo caracteriza-se como pesquisa aplicada com abordagem quantitativa, sustentada por métricas objetivas como contagem de pessoas, tempo de permanência e trajetórias para fundamentar inferências empíricas (GIL, A. C, 2019.).

O procedimento técnico consiste no desenvolvimento de uma plataforma *web* como artefato científico e instrumento de validação em ambiente controlado/piloto, alinhado à *Design Science Research*, que orienta a construção e avaliação de artefatos voltados à solução de problemas reais (LACERDA ET AL., 2013).

Avaliação da qualidade do sistema considera as características do modelo *ISO/IEC 25010*, adotado como base para especificação e medição de atributos técnicos e em uso, com leitura de apoio em estudos nacionais que aplicam esse modelo (ISO; IEC, 2011.).

Elicitação de Requisitos

A elicitação de requisitos consiste em descobrir, compreender e consolidar as necessidades das partes interessadas por meio de técnicas como entrevistas, análise de documentos e observação do domínio, servindo de base para especificação e validação do sistema (SOMMERVILLE, 2018).

À luz desse conceito, adotou-se uma estratégia de coleta em duas frentes: (I) *Benchmarking* de soluções consolidadas de *retail analytics*, a fim de identificar funcionalidades validadas pelo mercado como mapas de calor e contadores de fluxo e orientar o escopo por evidências competitivas (SEBRAE, 2022); E (II) entrevistas semiestruturadas simuladas com o perfil de proprietários de pequenos comércios locais, para captar “dores”, expectativas e restrições diretamente da perspectiva de uso, reforçando a rastreabilidade entre problemas reais e requisitos priorizados.

Requisitos Funcionais

Requisitos funcionais descrevem, de forma objetiva, os serviços e comportamentos que o sistema deve oferecer para satisfazer as necessidades dos usuários, orientando as interações previstas e o resultado esperado de cada operação. Por isso, constituem a base para planejamento, desenvolvimento, testes e validação do sistema, além de favorecerem o alinhamento entre *stakeholders*, a definição de escopo e o controle de mudanças ao longo do ciclo de vida do *software* (SOMMERVILLE, 2018).

O quadro abaixo apresenta os requisitos funcionais do sistema “Nexo”.

Quadro 1: Requisitos Funcionais do Sistema

RF001 - Login	Categoria: () Oculto (X) Evidente	Prioridade: (X) Altíssima () Alta () Média () Baixa
Descrição: O sistema deve autenticar usuários por e-mail/usuário e senha, validar formatos e credenciais. Deve prever recuperação/troca de senha e impedir acessos não autorizados.		
RF002 - Detecção de Pessoas	Categoria: (X) Oculto () Evidente	Prioridade: (X) Altíssima () Alta () Média () Baixa
Descrição: O sistema deve identificar a presença de pessoas, em tempo real, distinguindo-as do fundo/objetos. A detecção não deve realizar identificação biométrica ou reconhecimento facial.		
RF003 - Contagem de Fluxo	Categoria: (X) Oculto () Evidente	Prioridade: (X) Altíssima () Alta () Média () Baixa
Descrição: O sistema deve contabilizar entradas, saídas e permanências em áreas definidas, apresentando totais em tempo real e por intervalo (quadros, minutos, horas, dia).		
RF004 - Rastreamento de Posição	Categoria: (X) Oculto () Evidente	Prioridade: () Altíssima (X) Alta () Média () Baixa

Descrição: O sistema deve atribuir identificadores temporários a cada pessoa detectada e atualizar seu posicionamento ao longo do tempo, mantendo a associação durante o trajeto e reestabelecendo o rastreamento após curtas oclusões. Os identificadores não devem permitir reidentificação.		
RF005 - Geração de Mapa de Calor	Categoria: ☒ Oculto ☐ Evidente	Prioridade: ☒ Altíssima ☐ Alta ☐ Média ☐ Baixa
Descrição: O sistema deve gerar mapas de calor a partir da densidade espacial e do tempo de permanência, com atualização periódica ou contínua. As camadas térmicas devem poder ser normalizadas por área e exportadas/servidas para exibição no dashboard.		
RF006 - Estimativa Demográfica	Categoria: ☒ Oculto ☐ Evidente	Prioridade: ☐ Altíssima ☒ Alta ☐ Média ☐ Baixa
Descrição: O sistema deve estimar atributos demográficos em nível agregado (por exemplo, faixa etária) sem identificar indivíduos, informando níveis de confiança e permitindo desativação da funcionalidade quando não aplicável ao contexto ou à política de privacidade.		
RF007 - Agregação de Dados Demográficos	Categoria: ☒ Oculto ☐ Evidente	Prioridade: ☐ Altíssima ☒ Alta ☐ Média ☐ Baixa
Descrição: O sistema deve consolidar estimativas demográficas por período, loja e zonas de interesse, produzindo percentuais e séries temporais. Os resultados devem preservar anonimato, impedindo a reidentificação.		
RF008 - Dashboard de Visualização	Categoria: ☐ Oculto ☒ Evidente	Prioridade: ☒ Altíssima ☐ Alta ☐ Média ☐ Baixa
Descrição: O sistema deve oferecer um dashboard responsivo com KPIs, séries temporais, heatmaps e gráficos, permitindo filtros (período, zona, loja).		
RF009 - Criação de Contas	Categoria: ☐ Oculto ☒ Evidente	Prioridade: ☐ Altíssima ☒ Alta ☐ Média ☐ Baixa
Descrição: O sistema deve permitir cadastro de novos usuários com confirmação (e-mail ou outro mecanismo), definição e associação a organizações/lojas. Deve registrar aceite de termos e política de privacidade.		
RF010 - Cadastro da Loja	Categoria: ☐ Oculto ☒ Evidente	Prioridade: ☒ Altíssima ☐ Alta ☐ Média ☐ Baixa
Descrição: O sistema deve permitir o registro/edição do perfil da loja (segmento, nome, público-alvo), configuração/inserção de câmeras para coleta e análise de metadados via processamento de vídeo. Essas informações devem parametrizar contagens, heatmaps e relatórios.		
RF011 - Insights	Categoria: ☐ Oculto ☒ Evidente	Prioridade: ☐ Altíssima ☒ Alta ☐ Média ☐ Baixa

Descrição: O sistema deve gerar insights acionáveis (picos de fluxo, zonas quentes, variações por horário/dia, correlações simples) com explicações breves e recomendações operacionais, baseados nos dados coletados e no perfil da loja.

Fonte: Produção própria, 2025.

Requisitos Não Funcionais

Requisitos não funcionais definem propriedades de qualidade e restrições que o sistema deve atender, como desempenho (latência/*FPS*), confiabilidade e disponibilidade, segurança e privacidade, usabilidade, manutenibilidade, escalabilidade e portabilidade. Dessa forma, complementam os requisitos funcionais na gestão de escopo, planejamento, testes e controle de mudanças ao longo do ciclo de vida do *software* (SOMMERVILLLE, 2018).

O quadro abaixo apresenta os requisitos não funcionais do sistema “Nexo”.

Quadro 2: Requisitos Não Funcionais do Sistema

RNF001- Desempenho	O sistema deverá operar o processamento de vídeo e IA com uma latência que permita a percepção de tempo real.	() Desejável (X) Obrigatório	(X) Permanente () Transitório
RNF002- Usabilidade	O dashboard do sistema deverá ser intuitivo e claramente rotulado, permitindo que um usuário não técnico compreenda KPIs, séries temporais e heatmaps sem treinamento prévio.	() Desejável (X) Obrigatório	(X) Permanente () Transitório
RNF003- Segurança e Privacidade	O sistema não deverá armazenar em disco ou transmitir imagens/vídeos de pessoas; o processamento deve ocorrer em memória e somente dados anônimos e agregados podem ser persistidos.	() Desejável (X) Obrigatório	(X) Permanente () Transitório
RNF004- Compatibilidade	O sistema deverá ser compatível com câmeras USB padrão (classe UVC), operando pelo menos em Windows 10/11 e Linux (kernel 5.x)	() Desejável (X) Obrigatório	(X) Permanente () Transitório
RNF005- Confiabilidade	O sistema deverá operar continuamente sem travamentos, vazamento de memória ou reinicializações indevidas durante uso.	() Desejável (X) Obrigatório	(X) Permanente () Transitório

Fonte: Produção própria, 2025.

Regras de Negócio

Regras de negócio são diretrizes que definem como a organização opera e decide, descrevendo políticas, procedimentos e práticas que orientam processos e resultados (SOMMERVILLLE, 2018).

Quadro 3: Regras de Negócio do Sistema

RN001 - Definição de Permanência
Descrição: Um cliente é considerado em "permanência" quando seu ponto central de detecção se mantém em uma área restrita (raio de N pixels) por um tempo mínimo. Essa regra diferencia o interesse real de uma simples passagem e serve de base para gerar mapas de calor, calcular o tempo de permanência e fluxo de clientes.
RN002 - Princípio do Anonimato Agregado
Descrição: Para garantir o anonimato, dados demográficos são exibidos apenas de forma agregada e somente quando a amostra atinge um número mínimo de pessoas. Abaixo desse limiar, os valores são suprimidos para impossibilitar a reidentificação de indivíduos.
RN003 - Volatilidade de Dados Pessoais
Descrição: Para garantir a volatilidade dos dados pessoais, o sistema processa todos os frames de vídeo exclusivamente em memória, descartando-os imediatamente após a extração das estatísticas anônimas. É proibido o armazenamento permanente de qualquer dado que possa identificar um indivíduo, como imagens ou vídeos.

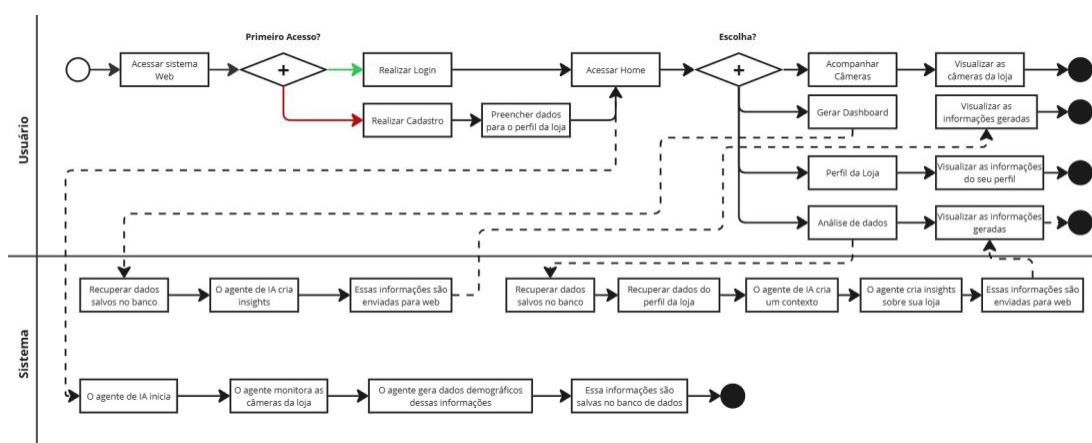
Fonte: Produção própria, 2025.

Modelagem de Processos

O *Business Process Model and Notation (BPMN)* é um padrão de notação gráfica para modelar processos de negócio que busca oferecer uma linguagem comum entre analistas, desenvolvedores e gestores, permitindo representar, em diagramas, o fluxo ponta a ponta por meio de elementos como eventos, atividades, *gateways* e fluxos de sequência, o *BPMN* facilita a documentação, a análise e a posterior automação/executabilidade dos processos (OBJECT MANAGEMENT GROUP, 2014).

Abaixo está representada a *BPMN* do sistema “Nexo”, conforme a Figura 2.

Figura 2: BPMN do Sistema



Fonte: Produção própria, 2025.

Arquitetura e Stack Tecnológica do MVP

Para o desenvolvimento do Produto Mínimo Viável (MVP), adotou-se **Python** com **OpenCV** para captura e pré-processamento de vídeo (redimensionamento, normalização e estabilização) e **PyTorch** para inferência de modelos de IA (detectores da família YOLO e modelos auxiliares, quando necessário). O *pipeline* compreende captura via *webcam USB*, detecção e rastreamento de múltiplos objetos para derivar contagem de pessoas, tempo de

permanência e trajetórias, além da geração de mapas de calor a partir da densidade espacial observada. A arquitetura cliente– servidor expõe *APIs REST* e *WebSockets* para o envio de eventos e frames anotados; no *frontend*, *HTML5/CSS3/JavaScript* e *Chart.js* compõem o *dashboard* de KPIs e séries temporais, com sobreposição de camadas térmicas. Os pesos pré-treinados são carregados de *PyTorch Hub* e/ou do ecossistema *ONNX* (com possibilidade de exportação/execução em *ONNX/TorchScript*), e a inferência é acelerada por *GPU NVIDIA* via *CUDA* em ambientes *Windows* ou *Linux*, mantendo latência compatível com tempo real. O ambiente é reproduzível via *virtualenv* (ou *Docker*), parametrizado por variáveis de ambiente e instrumentado com logs.

Critérios de Validação

A validação do MVP/sistema será conduzida em três frentes complementares:

Conformidade funcional: verificação e validação de requisitos com foco em medidas objetivas por exemplo, acurácia $\geq 90\%$ para contagem de pessoas e aderência do mapa de calor às áreas de maior permanência alinhadas às características de adequação funcional do modelo de qualidade e às medidas de produto propostas na família *SQuaRE* (ISO/IEC 25023).

Usabilidade da plataforma: a avaliação seguirá as heurísticas de *Nielsen* como diretrizes práticas e independentes de tecnologia para identificar e reduzir atritos nos fluxos críticos como *login*, navegação no *dashboard*, consulta do fluxo de clientes e leitura de *insights*. Serão verificados aspectos como correspondência com o mundo real (termos do varejo e métricas compreensíveis), controle e liberdade do usuário (sair/cancelar, desfazer), prevenção de erros (validação de formulários e ações potencialmente destrutivas), reconhecimento em vez de memorização (rótulos claros, ícones e atalhos), *design* minimalista, mensagens de erro com orientação à recuperação e ajuda/instruções. As ocorrências serão registradas e priorizadas por impacto e frequência nas tarefas-chave, orientando ajustes rápidos de *UX* e iterações do *MVP* (NIELSEN, 2024).

Desempenho: mensuração de eficiência de desempenho (latência/ritmo de processamento) com ênfase em *Frames Por Segundo (FPS)* de vídeo, tomando como meta mínima 10 *FPS* para percepção de tempo real, em conformidade com a dimensão “comportamento temporal” das normas de medição de qualidade e boas práticas de engenharia de *software* (SOMMERVILLE, 2018.).

Aspectos Éticos e LGPD

O projeto adota privacidade desde a concepção e estrita conformidade à LGPD, observando os princípios de finalidade, necessidade e minimização de dados, bem como a distinção legal entre dados pessoais e dados anonimizados (BRASIL, 2018, ART. 6º E ART. 12). Para neutralizar riscos de identificação, o sistema não realiza reconhecimento facial nem identifica indivíduos, apenas detecta a presença de pessoas, não armazena imagens ou vídeos, processando-os somente em memória e descartando os quadros imediatamente após a extração de estatísticas e exibe exclusivamente métricas agregadas e consolidadas, como por exemplo, contagem, tempo de permanência e fluxos.

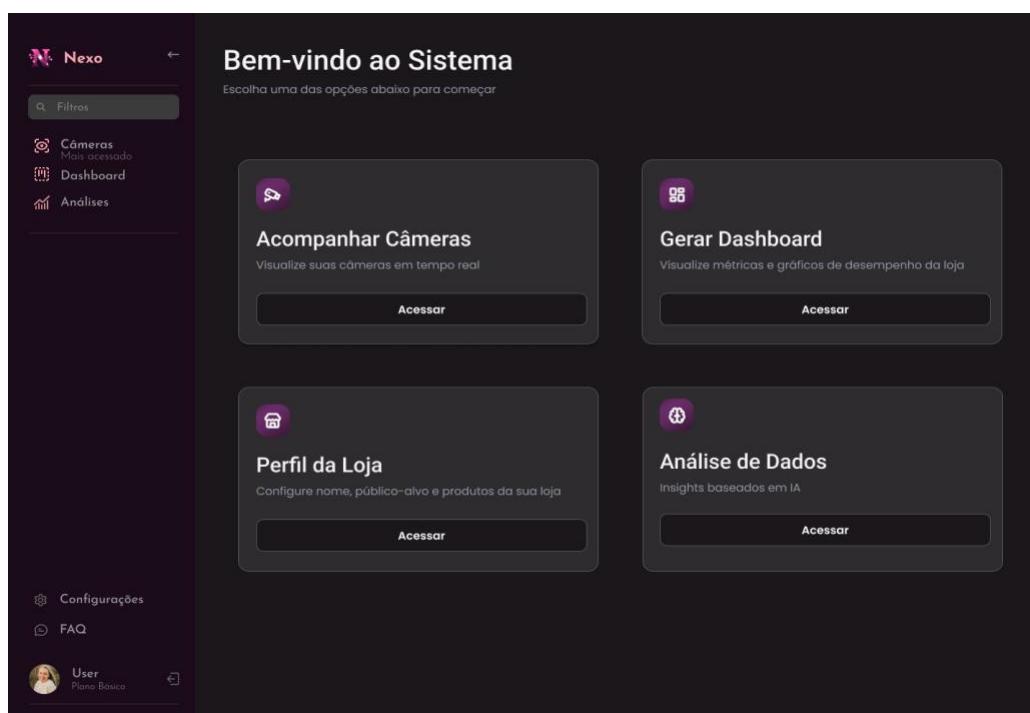
RESULTADOS

Este capítulo apresenta os resultados práticos do projeto, materializados em uma plataforma *web*. As telas aqui exibidas foram selecionadas estrategicamente, pois o *MVP* implementa apenas um subconjunto priorizado de funcionalidades. O recorte adotado tem por finalidade demonstrar a viabilidade da solução, evidenciando nas figuras 3 e 4 a tradução dos requisitos e conceitos teóricos em uma interface funcional, com foco nas capacidades de maior valor e representatividade do escopo atual.

Tela da Página Inicial

A página inicial conforme figura 3 atua como centro de navegação e orientação inicial da plataforma, organizada para minimizar carga cognitiva e acelerar o acesso às funções essenciais. A arquitetura apresenta navegação persistente lateral (busca/filtros, Câmeras, *Dashboard* e Análises) e, no conteúdo principal, uma grade de cartões acionáveis (“Acompanhar Câmeras”, “Gerar *Dashboard*”, “Perfil da Loja” e “Análise de Dados”), cada um com título, descrição breve e *call to action* (“Acessar”), favorecendo reconhecimento em vez de memorização e fluxos orientados a tarefas. Elementos de suporte permanecem ancorados no rodapé da barra lateral, reduzindo interferências na jornada principal. Em conjunto, essas decisões de desenho priorizam intuitividade e eficiência de navegação no contexto do *MVP*.

Figura 3: Página Inicial do Sistema



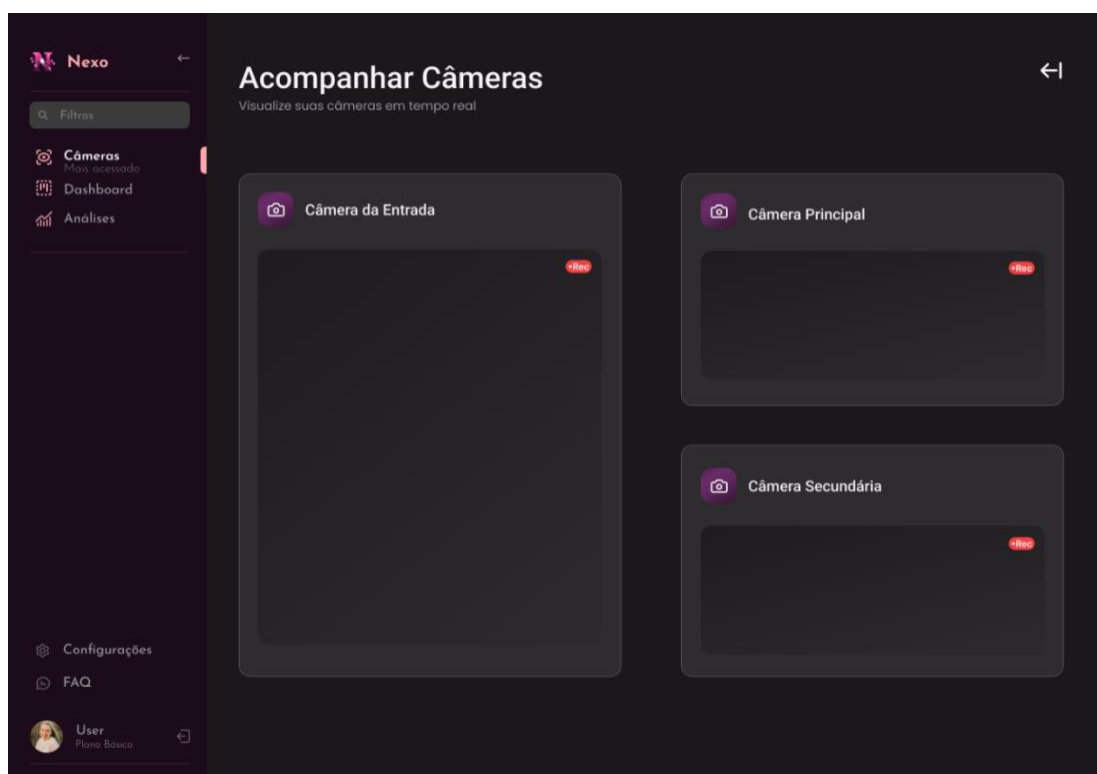
Fonte: Produção própria, 2025.

Tela da Visualização das Câmeras

A tela “Acompanhar Câmeras” conforme figura 4 foi concebida como painel operacional de supervisão em tempo real, mantendo a navegação lateral persistente e organizando os *feeds* em *grid* responsivo com hierarquia visual, destaque para a “Câmera da Entrada” em área ampliada e painéis secundários para as demais fontes. Cada cartão apresenta título,

ícone semântico e área dedicada ao vídeo, acompanhada do indicador de estado “Rec” para reforçar a visibilidade do funcionamento. O arranjo privilegia reconhecimento em vez de memorização, facilita a consciência situacional (qual fonte está ativa e onde focar) e minimiza a carga cognitiva para ações rápidas. Por razões de segurança e privacidade, a figura exibida não mostra o vídeo ao vivo, os quadros foram suprimidos e apenas os contêineres dos *feeds* são apresentados; na plataforma, quando autenticado, o usuário visualiza os fluxos em tempo real com atualização contínua e *feedback* explícito de estado.

Figura 4: Tela “Acompanhar Câmeras” do Sistema



Fonte: Produção própria, 2025.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho apresentou o Nexo, um MVP de plataforma *web* para análise de fluxo de clientes no varejo físico que integra captura de vídeo, visão computacional e *visual analytics* para gerar métricas operacionais em tempo real, preservando a privacidade. A proposta atacou o “abismo analítico” entre o *e-commerce* e o pequeno varejo ao oferecer contagem de pessoas, mapas de calor e indicadores demográficos agregados em um *dashboard* intuitivo. Os resultados indicaram aderência ao problema e viabilidade técnica — desempenho compatível com tempo real, bom entendimento por parte do usuário e conformidade à LGPD. Persistem desafios ligados à sensibilidade a oclusões e iluminação e à dependência de aceleração por GPU para *throughput* superior; contudo, tais limitações são mitigáveis com ajustes de calibração e evolução algorítmica. Como próximos passos, destacam-se o suporte a múltiplas câmeras (incluindo RTSP), rastreadores mais robustos, arquitetura em microsserviços com *edge computing* e ampliação do repertório de *insights*. Em síntese, o Nexo demonstrou potencial para transformar dados brutos do ponto de venda em evidências acionáveis, contribuindo para a competitividade do comércio local.

Referências

- BRASIL. Lei nº 13.709, de 14 de agosto de 2018. Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD). *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 14 ago. 2018. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2018/lei/L13709.htm. Acesso em: 5 set. 2025.
- CNN BRASIL. Cinco dados que comprovam a importância dos pequenos negócios para o Brasil. CNN Brasil, 2024. Disponível em: <https://www.cnnbrasil.com.br/economia/negocios/cinco-dados-que-comprovam-a-importancia-dos-pequenos-negocios-para-o-brasil/>. Acesso em: 14 set. 2025.
- CORTEX. Inteligência Artificial no varejo: o que é, aplicações e benefícios. Cortex, 2024. Disponível em: <https://www.cortex-intelligence.com/blog/varejo/inteligencia-artificial-no-varejo>. Acesso em: 10 set. 2025.
- GIL, A. C. *Métodos e técnicas de pesquisa social*. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2019.
- GRINBERG, M. *Flask Web Development: Developing Web Applications with Python*. 2. ed. Sebastopol: O'Reilly Media, 2018.
- ISO; IEC. *ISO/IEC 25010:2011 — Systems and software engineering — Systems and software Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE) — System and software quality models*. Geneva: International Organization for Standardization, 2011.
- ISO; IEC. *ISO/IEC 25023:2016 — Systems and software engineering — Systems and software Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE) — Measurement of system and software product quality*. Geneva: International Organization for Standardization, 2016. Disponível em: <https://www.iso.org/standard/35747.html>. Acesso em: 5 set. 2025.
- LACERDA, D. P.; DRESCH, A.; PROENÇA, A.; ANTUNES JÚNIOR, J. A. V. Design Science Research: método de pesquisa para a engenharia de produção. *Gestão & Produção*, São Carlos, v. 20, n. 4, p. 741–761, 2013. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/gp/a/3CZmL4JJxLmxCv6b3pnQ8pq/>. Acesso em: 25 ago. 2025.
- NIELSEN NORMAN GROUP. 10 usability heuristics for user interface design. 2024. Disponível em: <https://www.nngroup.com/articles/ten-usability-heuristics/>. Acesso em: 25 ago. 2025.
- OBJECT MANAGEMENT GROUP (OMG). *Business Process Model and Notation (BPMN) Version 2.0.2*. Needham, MA: OMG, 2014. Disponível em: <https://www.omg.org/spec/BPMN/2.0.2/>. Acesso em: 5 set. 2025.
- OSTERWALDER, A.; PIGNEUR, Y. *Business Model Generation – inovação em modelos de negócios*. Rio de Janeiro: Alta Books, 2011. Disponível em: <https://sistemabu.udesc.br/pergamumweb/vinculos/000079/000079a1.pdf>. Acesso em: 12 set. 2025.

REDMON, J.; DIVVALA, S.; GIRSHICK, R.; FARHADI, A. You Only Look Once:

Unified, Real-Time Object Detection. In: IEEE CVPR 2016, Las Vegas, 2016. Proceedings. [S.l.]: IEEE, 2016. p. 779–788. Disponível em: https://www.cv-foundation.org/openaccess/content_cvpr_2016/papers/Redmon_You_Only_Look_CVPR_2016_paper.pdf. Acesso em: 12 set. 2025.

SEBRAE. Benchmarking: o que é e como fazer. 2022. Disponível em:

<https://sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/artigos/benchmarking-o-que-e-e-como-fazer,a4227ca23e9c4810VgnVCM100000d701210aRCRD>. Acesso em: 5 set. 2025.

SEBRAE. Você sabe a importância da transformação digital no varejo? Sebrae, 2023.

Disponível em: <https://sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/artigos/voce-sabe-a-importancia-da-transformacao-digital-no-varejo,02eeb25785f07810VgnVCM1000001b00320aRCRD>. Acesso em: 5 set. 2025.

SOMMERVILLE, I. Engenharia de Software. 10. ed. São Paulo: Pearson, 2018. Disponível em: <https://archive.org/details/sommerville-engenharia-de-software-10e>. Acesso em: 12 set. 2025.

TOTVS. Varejo 4.0: o que é, principais tecnologias e desafios. 2022. Disponível em:

<https://www.totvs.com/blog/gestao-varejista/varejo-4-0/>. Acesso em: 20 ago. 2025.