



FUNDAÇÃO EDSON QUEIROZ
UNIVERSIDADE DE FORTALEZA - UNIFOR
CENTRO DE CIÊNCIAS TECNOLÓGICAS
CURSO CIÊNCIAS DA COMPUTAÇÃO

**AVALIAÇÃO DA EXPERIÊNCIA DE USUÁRIOS IDOSOS EM CAIXAS
ELETRÔNICOS**

JOÃO MATEUS PEIXOTO MATOS

Fortaleza-CE

2026

JOÃO MATEUS PEIXOTO MATOS

**AVALIAÇÃO DA EXPERIÊNCIA DE USUÁRIOS IDOSOS EM CAIXAS
ELETRÔNICOS**

Trabalho de Conclusão do Curso apresentado
ao curso de CIÊNCIAS DA COMPUTAÇÃO
da Universidade de Fortaleza, para obtenção
do grau de Bacharel em CIÊNCIAS DA
COMPUTAÇÃO.

Orientador: Prof. Me. Bruno Ribeiro do
Nascimento

Fortaleza-CE

2026

Ficha catalográfica da obra elaborada pelo autor através do programa de geração automática da Biblioteca Central da Universidade de Fortaleza

Matos, João Mateus Peixoto.

AVALIAÇÃO DA EXPERIÊNCIA DE USUÁRIOS IDOSOS EM CAIXAS
ELETRÔNICOS / João Mateus Peixoto Matos. - 2026
102 f.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade
de Fortaleza. Curso de Ciência Da Computação, Fortaleza, 2026.
Orientação: Prof. Me. Bruno Ribeiro do Nascimento.

1. Usabilidade. 2. Pessoa idosa. 3. Design centrado no
usuário. 4. Autoatendimento Bancário. 5. Inclusão digital. I.
do Nascimento, Prof. Me. Bruno Ribeiro . II. Título.

JOÃO MATEUS PEIXOTO MATOS

**AVALIAÇÃO DA EXPERIÊNCIA DE USUÁRIOS IDOSOS EM CAIXAS
ELETRÔNICOS**

Trabalho de Conclusão do Curso apresentado
ao curso de Ciências da Computação da
Universidade de Fortaleza, para obtenção do
grau de Bacharel em Ciências da Computação.

Aprovada em: 11/06/2026

BANCA EXAMINADORA

Prof. Me. Bruno Ribeiro do Nascimento
Orientador – Universidade de Fortaleza (UNIFOR)

Prof. Me. Jorge Godoy de Oliveira
Universidade de Fortaleza (UNIFOR)

Prof. Me. Belmondo Rodrigues Aragão Júnior
Universidade de Fortaleza (UNIFOR)

Prof. Me. Lucas Isaías Barbosa Vieira
Universidade Federal do Ceará (UFC)



Unifor

Graduação em
Ciência da Computação

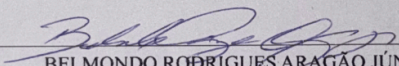
**AVALIAÇÃO DA EXPERIÊNCIA DE USUÁRIOS IDOSOS EM CAIXAS
ELETRÔNICOS**

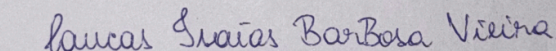
JOÃO MATEUS PEIXOTO MATOS

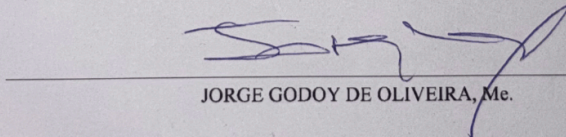
PARECER: APROVADO

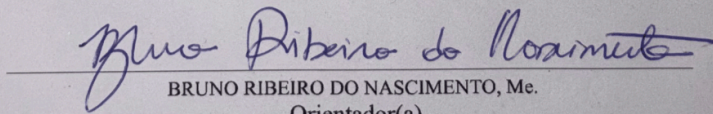
Data: 11 / 06 / 2026

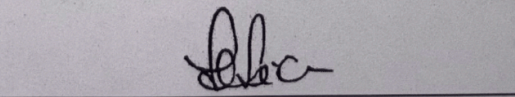
BANCA EXAMINADORA:


BELMONDO RODRIGUES ARAGÃO JÚNIOR, Me.


LUCAS ISAÍAS BARBOSA VIEIRA, Me.


JORGE GODOY DE OLIVEIRA, Me.


BRUNO RIBEIRO DO NASCIMENTO, Me.
Orientador(a)


Profa. Ma. Liádina Camargo Lima
Coordenadora do Curso de Ciência da Computação

Este trabalho é dedicado à minha família, base da minha formação pessoal e profissional, esta conquista não é apenas minha, mas fruto da criação, da paciência e do incentivo de vocês.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus, pela vida e pela força necessária para percorrer esta jornada acadêmica até aqui.

À minha família, meu alicerce e maior fonte de inspiração, agradeço pelo apoio incondicional, pelo incentivo constante aos meus estudos e pelos valores que me transmitiram. Este trabalho é dedicado a vocês, que não apenas viabilizaram minha formação, mas deram a ela um propósito real.

De forma especial, agradeço à minha mãe, Valéria, e às minhas tias, Cristiane Peixoto e Venúzia, que sempre me incentivaram nos estudos e me mostraram o caminho correto. O exemplo, o cuidado e a dedicação de vocês foram essenciais para que eu chegasse até aqui, e levo comigo cada ensinamento que me deram.

À minha noiva, Paula, agradeço por estar sempre ao meu lado e por me apoiar nos momentos em que mais precisei. Sua paciência, seu carinho e suas palavras de incentivo foram fundamentais para que eu seguisse em frente e concluísse esta etapa.

Uma dedicação especial aos meus avós, José Maria e Bárbara Peixoto. Este trabalho não existiria sem vocês. A observação de suas lutas diárias, da resiliência e, por vezes, da angústia diante da tecnologia não apenas inspirou este tema, mas deu a ele um propósito humano. Vocês me ensinaram que a tecnologia deve servir às pessoas, e não o contrário.

Ao meu orientador, Prof. Me. Bruno Ribeiro do Nascimento, agradeço pela paciência, pela condução sábia e por ter abraçado a ideia de unir a Ciência da Computação ao Design Centrado no Humano. Suas correções e direcionamentos foram fundamentais para o rigor científico desta pesquisa.

Por fim, agradeço aos professores do curso de Ciência da Computação pela base técnica que me permitiu construir soluções, e aos colegas e mentores do laboratório VORTEX, onde as trocas de experiências sobre UX e UI Design amadureceram minha visão sobre usabilidade.

"As pessoas ignoram o design que ignora as
pessoas."

Frank Chimero

RESUMO

O rápido envelhecimento da população brasileira, somado à digitalização bancária e ao fechamento de agências, cria desafios para a inclusão digital dos idosos. Este trabalho investiga as dificuldades de interação enfrentadas por usuários idosos nos Caixas de Autoatendimento (CAAs) e analisa como a usabilidade desses terminais conflita com as limitações cognitivas e sensoriais associadas à idade. A fundamentação teórica relaciona a história da automação bancária brasileira aos princípios de usabilidade de Norman e identifica uma lacuna na norma ABNT NBR 15250, voltada mais à acessibilidade física do que à cognitiva. O objetivo geral foi criar e avaliar um protótipo de interface padronizada, baseado no Design Centrado no Usuário, para reduzir a carga mental e o erro humano. A metodologia adotou abordagem aplicada e mista, organizada pelo framework Double Diamond, e incluiu revisão bibliográfica, entrevistas com usuários idosos, definição de requisitos funcionais, desenvolvimento de um protótipo de alta fidelidade com apoio de inteligência artificial e validação por meio de teste A/B, teste de usabilidade e do questionário System Usability Scale (SUS). Os resultados indicaram preferência pela interface que conecta a tela aos componentes físicos do caixa, além de um escore SUS de 87,5, da redução da dependência de terceiros e de maior confiança durante o uso. Conclui-se que a dificuldade do idoso não é um traço da idade, mas um sintoma de design inadequado, e que intervenções como tempo adaptativo, linguagem simplificada e *feedback* claro podem restaurar a autonomia do usuário.

Palavras-chave: usabilidade; acessibilidade; pessoa idosa; caixa de autoatendimento; design centrado no usuário.

ABSTRACT

The rapid aging of the Brazilian population, combined with banking digitalization and the closure of bank branches, creates challenges for the digital inclusion of the elderly. This work investigates the interaction difficulties faced by elderly users at Automated Teller Machines (ATMs) and analyzes how the usability of these terminals conflicts with the cognitive and sensory limitations associated with age. The theoretical framework relates the history of Brazilian banking automation to Norman's usability principles and identifies a gap in the ABNT NBR 15250 standard, which focuses more on physical than on cognitive accessibility. The general objective was to design and evaluate a standardized interface prototype, based on User-Centered Design, to reduce cognitive load and human error. The methodology adopted an applied and mixed approach, organized by the Double Diamond framework, and included a literature review, interviews with elderly users, the definition of functional requirements, the development of a high-fidelity prototype supported by artificial intelligence, and validation through an A/B test, a usability test, and the System Usability Scale (SUS) questionnaire. The results indicated a preference for the interface that connects the screen to the physical components of the machine, a SUS score of 87.5, a reduction in dependence on third parties, and greater confidence during use. It is concluded that the elderly's difficulty is not a trait of age, but a symptom of inadequate design, and that interventions such as adaptive timing, simplified language, and clear feedback can restore user autonomy.

Keywords: usability; accessibility; elderly; automated teller machine; user-centered design.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Computadores da evolução da computação moderna	27
Figura 2 – Terminal de Saque Eletrônico do acervo do Museu da Inteligência	31
Figura 3 – Componentes de um caixa eletrônico (ATM)	32
Figura 4 – Diagrama de arquitetura de ATM utilizando HFFE	35
Figura 5 - Manchete sobre furto de cartão de idoso em CAA, Fortaleza (2023).....	42
Figura 6 – Diagrama de Venn: interseção entre Acessibilidade, Inclusividade e Usabilidade (Design Inclusivo)	45
Figura 7 – Rampa de acessibilidade e piso tátil em calçada	48
Figura 8 – Exemplos de contraste de cor e escala de cinza	52
Figura 9 – Teclado de caixa eletrônico (ATM)	57
Figura 10 – Estrutura do Double Diamond aplicada à pesquisa	63
Figura 11 – Matriz CSD (Certezas, Suposições e Dúvidas)	70
Figura 12 – Diagrama de afinidade das barreiras de interação em CAAs	73
Figura 13 – Comparação entre a interface atual e a proposta: falha de linguagem	78
Figura 14 – Comparação entre a interface atual e a proposta: falha de <i>feedback</i>	78
Figura 15 – Comparação entre a interface atual e a proposta: falha de contraste e de menu ..	79
Figura 16 – Tela inicial	81
Figura 17 – Menu de operações	82
Figura 18 – Instrução guiada de saque	82
Figura 19 – Assistente virtual	83
Figura 20 – Feedback de processamento	83
Figura 21 – Aviso de leitura do cartão	84
Figura 22 – Retirada do comprovante	84
Figura 23 – Nota geral de usabilidade do protótipo (SUS)	88

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Princípios Fundamentais do Design de Interação.....	47
Tabela 2 – Barreiras de Interação para Idosos em Interfaces Gráficas.....	53
Tabela 3 – Matriz de Requisitos Funcionais	75

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

ATM – Automated Teller Machine (Caixa Eletrônico)

AVA – Ambiente Virtual de Aprendizagem

Bacen – Banco Central do Brasil

CAA – Caixa de Autoatendimento

CEN – European Committee for Standardization (Comité Europeu de Normalização)

Cetic.br – Centro Regional de Estudos para o Desenvolvimento da Sociedade da Informação

CMN – Conselho Monetário Nacional

CNAB – Centro Nacional de Automação Bancária

CPD – Centro de Processamento de Dados

CSD – Certezas, Suposições e Dúvidas

DCU – Design Centrado no Usuário

DIEESE – Departamento Intersindical de Estatística e Estudos Socioeconômicos

EPP – Encrypting PIN Pad (Teclado Criptográfico)

FEBRABAN – Federação Brasileira de Bancos

GUI – Graphical User Interface (Interface Gráfica de Utilizador)

HSM – Hardware Security Module (Módulo de Segurança de Hardware)

IA – Inteligência Artificial

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IHC – Interação Humano-Computador

IPECE – Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará

ISO – International Organization for Standardization

MTI – Message Type Indicator

MVP – Minimum Viable Product (Produto Mínimo Viável)

NBR – Norma Brasileira

NIC.br – Núcleo de Informação e Coordenação do Ponto BR

PC – Personal Computer (Computador Pessoal)

PCI SSC – PCI Security Standards Council

PIN – Personal Identification Number (Número de Identificação Pessoal)

RF – Requisito Funcional

STJ – Superior Tribunal de Justiça

SUS – System Usability Scale (Escala de Usabilidade do Sistema)

TCC – Trabalho de Conclusão de Curso

TDIC – Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação

TecBan – Tecnologia Bancária S.A.

TIC – Tecnologias da Informação e Comunicação

UI – User Interface (Interface do Usuário)

USB – Universal Serial Bus

UX – User Experience (Experiência do Usuário)

WCAG – Web Content Accessibility Guidelines (Diretrizes de Acessibilidade para Conteúdo Web)

XFS – Extensions for Financial Services

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	17
1.1 Cenário geral	18
1.1.1 Limitações Digitais e a Dependência do Autoatendimento Físico	19
1.1.2 Problema de pesquisa	21
1.1.3 Hipótese de pesquisa	21
1.2 Objetivos da pesquisa	22
1.2.1 Objetivo geral	22
1.2.2 Objetivos específicos TCC I.....	22
1.2.3 Objetivos específicos TCC II.....	22
1.3 Justificativa	24
1.4 Metodologia	25
1.5 Estrutura do trabalho	25
2 REFERENCIAL TEÓRICO E CONTEXTUALIZAÇÃO DO TEMA.....	27
2.1 Digitalização do sistema bancário e o surgimento dos ATMs	27
2.2 Surgimento dos terminais eletrônicos e autonomização dos serviços bancários	33
2.3 Os desafios de usabilidade/acessibilidade dos terminais eletrônicos para idosos	43
2.3.1 A perspectiva de Don Norman sobre fundamentos conceituais	45
2.3.2 Questões de usabilidade gerais com caixas eletrônicos	50
2.3.3 Questões de usabilidade relacionadas a idosos com interfaces gráficas (GUIs)	53
2.3.4 Desafios práticos enfrentados pela população idosa no uso de caixas eletrônicos	56

3 DESENVOLVIMENTO DE SOLUÇÃO DIGITAL.....	62
3.1 Caracterização da pesquisa.....	62
3.2 Fundamentação de design e o framework double diamond.....	63
3.3 Procedimentos da fase de problema: descobrir e definir.....	64
3.3.1 Alinhamento com a matriz CSD.....	65
3.3.2 Entrevistas semiestruturadas.....	67
3.4 Fase de definição (define): modelagem do problema.....	68
3.4.1 Diagrama de afinidade e categorização.....	69
3.4.2 Matriz de requisitos funcionais.....	71
3.5 O espaço da solução: fase de desenvolvimento (develop).....	74
3.5.1 Avaliação heurística e benchmarking.....	74
3.5.2 Definição do MVP e arquitetura da informação.....	77
3.5.3 Avaliação formativa: rabiscoframes, teste A/B e incidente crítico.....	77
3.6 Fase de entrega (delivery): prototipagem avançada e validação.....	79
3.6.1 O protótipo de alta fidelidade com apoio de inteligência artificial.....	79
3.6.2 Teste de usabilidade somativo e métricas.....	84
3.6.3 Instrumento de validação psicométrica (SUS).....	84
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	86
4.1 Resultado do teste A/B.....	86
4.2 Validação somativa: eficácia e eficiência no teste de usabilidade.....	87
4.3 Avaliação de satisfação: análise da escala SUS.....	87
4.4 Discussão integrada: o design como ferramenta de inclusão.....	89
5 CONCLUSÃO.....	91
REFERÊNCIAS	93

1 INTRODUÇÃO

A tecnologia, em seu propósito fundamental, deveria democratizar o acesso, facilitar o dia a dia e ampliar a autonomia das pessoas. No entanto, a implementação acelerada de sistemas digitais criou novos paradoxos sociais e novas formas de exclusão, que afetam justamente quem mais se beneficiaria desse apoio. No setor bancário, esse efeito é evidente. Como observa Simões (2018), a migração para as plataformas digitais e para o autoatendimento, pensada para democratizar o acesso e dar mais autonomia aos usuários, tem provocado "angústia e constrangimento" nos idosos, em um problema que se agrava com o tempo.

Este trabalho investiga um dos pontos mais críticos desse conflito: a interação de usuários idosos com os Caixas de Autoatendimento (CAAs), também conhecidos como ATMs (Automated Teller Machines). Embora o Estatuto da Pessoa Idosa (BRASIL, 2003) defina legalmente como idoso qualquer indivíduo com 60 anos ou mais, a análise aqui proposta adota a visão de Mazzone e Torres (2008), que caracterizam o idoso, no contexto bancário, pelos declínios biopsicossociais (visuais, motores e cognitivos) que geram uma carga psíquica diante da tecnologia.

A pesquisa não se limitou a diagnosticar o problema. A partir das barreiras identificadas na literatura e na pesquisa de campo, o estudo desenvolveu um protótipo de interface padronizada para os CAAs e o submeteu a validação com usuários idosos, a fim de verificar, de forma empírica, se melhorias de usabilidade podem reduzir as barreiras de interação enfrentadas por esse público. Entre essas melhorias, destacam-se a adoção de um padrão de interação coeso, o uso de uma iconografia mais adequada, telas sensíveis ao toque mais responsivas, *feedback* claro e o alinhamento correto entre a interface e os botões físicos do equipamento.

Este capítulo introdutório apresenta a estrutura da pesquisa. Primeiro, expõe o cenário geral, o problema e a hipótese central. Em seguida, detalha os objetivos geral e específicos que orientam o estudo. Depois, apresenta a justificativa técnica, social e pessoal que demonstra a relevância do tema. Por fim, descreve a metodologia empregada na coleta e na análise dos dados, além da organização dos capítulos deste Trabalho de Conclusão de Curso.

1.1 Cenário geral

A problemática desta pesquisa surge da combinação de duas grandes mudanças no Brasil: o rápido envelhecimento da população e a digitalização acelerada dos serviços financeiros (DINIZ, 2004; IBGE, 2023b). A população idosa está no centro dessa situação, enfrentando um cenário tecnológico para o qual os sistemas não foram projetados (MAZZONI; TORRES, 2008).

Atualmente, o Brasil passa por um processo acelerado de envelhecimento populacional, que altera sua estrutura social. O Censo Demográfico de 2022, realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), revelou que o número de pessoas com 60 anos ou mais cresceu 57,4% em doze anos, na comparação com 2010 (IBGE, 2023b). Esse crescimento alterou a pirâmide etária do país e exige a revisão de políticas públicas, bem como o redesenho de produtos e serviços para atender a esse perfil populacional crescente (MAZZONI; TORRES, 2008).

Esse fenômeno se repete no Ceará, local desta pesquisa. Análises do Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará (IPECE), baseadas no Censo de 2022, confirmam a tendência de envelhecimento e suas implicações para o planejamento regional (IPECE, 2024). A vulnerabilidade dessa população aumenta com fatores como a solidão, pois os dados indicam que os idosos representam 41% das pessoas que moram sozinhas no estado, o que sugere maior necessidade de autonomia e maior dependência dos sistemas de autoatendimento para as tarefas diárias.

Ao mesmo tempo que ocorre essa mudança demográfica, o setor financeiro passa por uma transformação: a migração dos serviços para o digital e o fechamento de agências físicas (DIEESE, 2024). Em 2024, os bancos privados brasileiros fecharam 856 agências, e os maiores conglomerados bancários encerraram 39% de suas unidades físicas na última década (NUZZI, 2025; PIOVESANA, 2025). A Pesquisa FEBRABAN de Tecnologia Bancária, com ano-base 2024, fornece dados categóricos sobre essa migração: 82% de todas as transações bancárias no país são realizadas digitalmente, por meio do mobile banking (banco pelo celular) ou do internet banking (banco pela internet). O celular consolidou-se como o canal dominante, responsável por 75% do total das operações. Como resultado, o volume total de transações realizadas em canais físicos, somando agências, CAAs e correspondentes bancários, representa atualmente apenas 5% do total (FEBRABAN, 2025a).

Esse cenário configura o que tem sido denominado "desertificação bancária" (DIEESE, 2024). O fechamento de agências não é apenas um resultado da digitalização, mas funciona como um acelerador que força a migração dos clientes para os canais digitais. Críticos desse modelo, como entidades sindicais de trabalhadores bancários, apontam para uma "modernização excludente".

Apenas 55,5% dos 5.565 municípios brasileiros possuem cobertura de agências bancárias. Com isto, 2.476 municípios, ou 44,5% do total, não contam com este serviço. Esta realidade deixa 18 milhões de brasileiros sem atendimento bancário em suas cidades (DIEESE, 2024).

Essa estratégia afasta os clientes, em especial aqueles com dificuldades tecnológicas, e identifica os idosos que recebem aposentadoria como o grupo mais prejudicado, que se vê subitamente sem a opção de contato pessoal, restando-lhe apenas as interfaces digitais.

1.1.1 Limitações Digitais e a Dependência do Autoatendimento Físico

À primeira vista, os dados de conectividade no Brasil parecem inclusivos. A proporção de lares urbanos com acesso à internet saltou de 13% para 85% em vinte anos, e a faixa etária que mais cresce no uso da internet é, paradoxalmente, a dos idosos. Contudo, uma análise mais profunda dos dados da pesquisa TIC Domicílios, realizada pelo IBGE e pelo Centro Regional de Estudos para o Desenvolvimento da Sociedade da Informação (Cetic.br), revela a natureza do problema. Apesar da quase universalização do acesso, a exclusão digital persiste de forma acentuada, não mais como uma barreira de acesso ao equipamento, mas como uma barreira de habilidade de uso (NIC.br, 2024). Dados do IBGE mostram que, dos 22,4 milhões de brasileiros que não usaram a internet, 51,6% eram idosos. O motivo principal para a não utilização, citado por 46,3% dos excluídos, foi "não saber utilizar a internet", número que chega a 66% entre a população idosa. Portanto, o problema não é a falta do dispositivo, mas a dificuldade de lidar com a complexidade dos aplicativos (IBGE, 2023a).

Essa barreira de usabilidade resulta em uma perda mensurável de autonomia. O estudo de Alencar Filho (2019) mostra que a exclusão digital bancária persiste também no ambiente físico, pois 47% dos idosos afirmaram usar caixas eletrônicos sempre com a ajuda de funcionários. Isso evidencia que, para quase metade desse grupo, a tecnologia de autoatendimento falha em seu objetivo principal e mantém o usuário em situação de dependência. O idoso, afetado pelo fechamento de agências e sem conseguir usar o mobile

banking, acaba recorrendo ao Caixa de Autoatendimento como sua última opção de atendimento físico (MAZZONI; TORRES, 2008).

ATMs or automatic teller machines could automatically play the role of a teller and perform all the teller operations and based on its speed and efficiency, this system could easily substitute bank branches in hotels, institutes and big malls and practically, serve bank customers all the cash services in every time and place (GANJIKHAH et al., 2017).

Contudo, o CAA é, em si, uma Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC) que exige uma interação complexa, e é nesse ponto que a problemática central emerge. Na literatura acadêmica, o tema é estudado pela Interação Humano-Computador (IHC), disciplina preocupada com o design, a avaliação e a implementação de sistemas computacionais interativos para uso humano, bem como com o estudo dos principais fenômenos que os cercam (HEWETT et al., 1992). Nesse contexto, a interação da pessoa idosa com a tecnologia bancária é descrita como uma relação conflituosa, que causa angústia e constrangimento (SIMÕES, 2018). Estudos no campo da saúde coletiva e da ergonomia identificam problemas de usabilidade e de acessibilidade nos CAAs que interferem na saúde e geram sofrimento psíquico. O idoso sente a pressão social e a penalidade de ficar para trás caso não utilize a tecnologia, mas o próprio uso gera angústia ao procurar respostas em uma interface que ele sente que não o compreende.

Esse sofrimento não é causado apenas pela tela, mas por um campo de força de ansiedade que envolve toda a interação:

- Pressão interna: a angústia e o constrangimento de se sentir incapaz e deslocado;
- Pressão social: o desconforto com a proximidade de outras pessoas na fila, que gera a sensação de estar sendo observado e apressado;
- Pressão ambiental: no contexto de Fortaleza, essa ansiedade aumenta por causa do medo de golpes, já que há a ação de quadrilhas especializadas em abordar idosos nos caixas eletrônicos, muitas vezes explorando a dificuldade de interação com o CAA, o que leva o idoso a desconfiar de qualquer ajuda;
- Pressão do sistema: as exigências rígidas impostas pelo design da máquina, como o tempo curto para realizar operações (*timeout*) antes que a sessão expire e a sobrecarga

de informações na tela, que exigem respostas rápidas, incompatíveis com o ritmo do idoso.

1.1.2 Problema de pesquisa

Embora exista a ABNT NBR 15250:2005, que estabelece critérios técnicos de acessibilidade para caixas de autoatendimento bancário, como altura mínima de teclas de 13 mm, sinalização tátil na tecla 5 e áudio assistivo, ela ainda apresenta muitas limitações quanto à regulação de critérios mínimos para proporcionar uma boa experiência com os serviços bancários à população idosa. Isso decorre do fato de que a NBR 15250 se concentra quase estritamente na acessibilidade física, como a altura dos equipamentos, as marcações táteis e a disponibilidade de extrato em braille. A literatura acadêmica em Interação Humano-Computador (IHC) e em Gerontotecnologia critica essa abordagem limitada e aponta que a norma ignora as características cognitivas do envelhecimento (LARA, 2012; MAZZONI; TORRES, 2008; MOQUILLAZA; PAZ; SAHUA, 2021; RAYMUNDO, 2013; SIMÕES, 2018). Diante do exposto, o problema de pesquisa que este trabalho se propõe a investigar é:

Quais barreiras de usabilidade e acessibilidade nos caixas eletrônicos (CAAs) são mais recorrentes na literatura acadêmica para idosos acima de 60 anos, e qual seu impacto na carga cognitiva, sofrimento psíquico e autonomia reportados?

1.1.3 Hipótese de pesquisa

Para responder ao problema formulado, a presente pesquisa parte da seguinte hipótese: barreiras recorrentes nos caixas eletrônicos (CAAs), como tempo de *timeout* insuficiente, iconografia inconsistente e falta de *feedback* claro, geram elevada carga cognitiva e sofrimento psíquico em idosos acima de 60 anos, com relatos de intranquilidade e exclusão social em boa parte dos estudos analisados, e demandam intervenções de design centradas no usuário para mitigar esses impactos.

1.2 Objetivos da pesquisa

1.2.1 Objetivo geral

Desenvolver e avaliar uma proposta de interface padronizada e acessível para CAAs, voltada à população idosa, a fim de reduzir a carga cognitiva, minimizar o sofrimento psíquico associado ao uso dessas tecnologias e promover maior autonomia financeira.

1.2.2 Objetivos específicos TCC I

- Identificar as principais barreiras de interação enfrentadas por idosos no uso dos CAAs, com foco em aspectos cognitivos, emocionais, perceptivos, de ritmo de interação e de usabilidade;
- Analisar criticamente como as limitações do design atual, como o *timeout* reduzido, a falta de padronização entre bancos, a iconografia inconsistente, as falhas de acessibilidade, a complexidade de layout, o feedback insuficiente e as jornadas longas, contribuem para a ansiedade, o constrangimento e o abandono da tarefa;
- Sintetizar requisitos de design baseados na literatura e nas evidências encontradas, para orientar o desenvolvimento do protótipo no TCC II;
- Definir diretrizes e hipóteses de projeto a serem investigadas na etapa aplicada da pesquisa.

1.2.3 Objetivos específicos TCC II

- Desenvolver o protótipo de interface padronizada para caixas de autoatendimento, com base nos requisitos identificados no TCC I;
- Planejar e executar testes de usabilidade com usuários idosos, avaliando eficácia, eficiência, satisfação e carga cognitiva;
- Comparar os resultados obtidos nos testes com o desempenho observado nas interfaces atuais dos bancos, identificando melhorias e limitações do protótipo;
- Ajustar o protótipo com base nos achados empíricos, incorporando sugestões, correções e melhorias indicadas pelos participantes;

- Avaliar a contribuição da proposta para a redução das barreiras cognitivas, emocionais e operacionais enfrentadas pelos usuários idosos, relacionando os achados com a fundamentação teórica construída no TCC I;
- Elaborar recomendações finais de design inclusivo para sistemas bancários, com o intuito de apoiar futuras padronizações e diretrizes de acessibilidade cognitiva.

1.3 Justificativa

A relevância desta pesquisa se sustenta em um tripé de justificativas, de ordem técnica e acadêmica, social e pessoal, que, juntas, demonstram a pertinência de investigar a interação de idosos com os Caixas de Autoatendimento (CAAs).

A principal justificativa técnica e acadêmica reside na identificação de uma lacuna crítica entre as demandas reais da população idosa e o modo como as interfaces de CAAs são atualmente projetadas no Brasil. A norma vigente, a ABNT NBR 15250, concentra-se majoritariamente na acessibilidade física, como altura, alcance e pisos táteis, mas não aborda os aspectos cognitivos e interacionais, que a literatura em IHC e em Gerontotecnologia reconhece como os maiores obstáculos ao uso do autoatendimento bancário. Estudos prévios apontam problemas como carga cognitiva elevada, iconografia pouco compreensível, inconsistência entre sistemas, mensagens pouco claras e jornadas extensas. No entanto, essas pesquisas costumam tratar tais barreiras de forma fragmentada. A presente pesquisa se justifica por integrar essas variáveis e analisar, de forma articulada, aspectos que impactam diretamente o desempenho do idoso: o tempo insuficiente de *timeout*, a falta de padronização entre bancos, a iconografia inadequada, a ausência de padrões de acessibilidade cognitiva e a complexidade do fluxo de uso. Ao propor o desenvolvimento de um protótipo padronizado, acessível e unificado e submetê-lo a testes de usabilidade com idosos, esta pesquisa contribui ao oferecer evidências empíricas sobre como melhorias concretas, como o fluxo guiado, o *feedback* claro, o layout simplificado e a iconografia universal, podem reduzir a carga cognitiva e melhorar a interação. Dessa forma, o estudo avança tanto na produção teórica quanto na aplicação prática, e preenche uma lacuna ainda pouco explorada na literatura nacional sobre CAAs.

A justificativa social se apoia no contexto brasileiro de envelhecimento acelerado combinado com a redução das agências bancárias, fenômeno descrito como desertificação

bancária. Esse cenário desloca grande parte da população idosa para o autoatendimento, mesmo quando ela apresenta dificuldades cognitivas, motoras e emocionais para lidar com sistemas digitais complexos. A exclusão digital e bancária vai além de um problema tecnológico, pois compromete a autonomia financeira, a dignidade e a segurança desse grupo. A dificuldade de realizar operações básicas, como sacar dinheiro, consultar o saldo ou efetuar pagamentos, força muitos idosos a depender de terceiros, o que cria situações de vulnerabilidade emocional e de risco de exploração financeira. No contexto de Fortaleza, essa problemática é agravada pelo medo de golpes e pela pressão social exercida nos ambientes de autoatendimento. A lentidão natural do envelhecimento, somada à falta de clareza das telas, aos erros provocados por inconsistências entre bancos e ao curto tempo de reação imposto pelo sistema, aumenta a ansiedade e expõe o idoso a perigos reais. Portanto, esta pesquisa tem relevância social ao propor uma interface mais clara, mais adequada ao ritmo do usuário, mais previsível e mais padronizada, elementos que podem reduzir a vulnerabilidade, ampliar a autonomia e melhorar a experiência de milhões de pessoas idosas que dependem dos CAAs como seu último ponto de acesso ao sistema financeiro.

A motivação pessoal para este estudo transcende o interesse puramente acadêmico. Ela nasce da observação empírica, no âmbito familiar, da dissonância cognitiva e do sofrimento vivenciados por meus avós ao interagirem com caixas eletrônicos. A percepção de sua angústia, a hesitação diante do ritmo imposto pela máquina, a frustração evidente quando não sabiam o que fazer e o constrangimento visível ao terem de pedir ajuda para tarefas financeiras básicas, que antes dominavam com facilidade, transformaram uma observação pessoal e empática em um questionamento central de pesquisa: onde o design, que deveria servir como uma ponte para o empoderamento e a autonomia, tornou-se um muro, uma fonte de exclusão e sofrimento? Esta pesquisa é, portanto, uma tentativa de traduzir essa vivência humana, o sofrimento psíquico observado na prática, em uma investigação metodológica consistente, com o objetivo de buscar respostas e, sobretudo, soluções para um problema que, embora tenha uma raiz pessoal, é coletivo e afeta milhões de idosos brasileiros.

1.4 Metodologia

Para alcançar os objetivos propostos e verificar a hipótese, este trabalho adotou natureza aplicada e abordagem mista, que combina dados qualitativos e quantitativos, conforme a classificação de Creswell (2010). O percurso metodológico foi desenhado não apenas para identificar problemas, mas para propor e verificar uma solução projetual concreta, e foi organizado pelo framework Double Diamond (DESIGN COUNCIL, 2005), detalhado no Capítulo 3. A pesquisa dividiu-se em três etapas.

A primeira etapa, de levantamento de requisitos, uniu a revisão bibliográfica a uma pesquisa de campo com usuários idosos, conduzida por meio de entrevistas semiestruturadas, com o objetivo de mapear as barreiras de interação e as dores associadas ao uso dos caixas. A segunda etapa, projetual, traduziu esses requisitos em um protótipo de alta fidelidade da nova interface, fundamentado no Design Centrado no Usuário e construído com apoio de ferramentas de inteligência artificial generativa em tarefas específicas, como o ajuste de contraste e a simulação do assistente virtual. A terceira etapa, de validação, submeteu o protótipo a um teste comparativo (Teste A/B), a um teste de usabilidade com usuários idosos e ao questionário System Usability Scale (SUS), reunindo métricas de eficácia, eficiência e satisfação para analisar a redução da carga cognitiva (NIELSEN, 2012; BROOKE, 1996).

1.5 Estrutura do trabalho

- Este trabalho está organizado em cinco capítulos, estruturados para conduzir o leitor desde a contextualização do problema até a validação da solução proposta.
- O primeiro capítulo, a Introdução, apresenta o cenário geral, a problemática do envelhecimento populacional diante da digitalização bancária, o problema de pesquisa, a hipótese, os objetivos, a justificativa e a metodologia adotada.
- O segundo capítulo, o Referencial Teórico e Contextualização do Tema, reúne as bases conceituais e históricas do estudo. Apresenta a digitalização do sistema bancário e o surgimento dos caixas eletrônicos, discute os princípios de usabilidade e de acessibilidade a partir de Norman e da Interação Humano-Computador e analisa as limitações da norma ABNT NBR 15250 frente às barreiras cognitivas do envelhecimento.

- O terceiro capítulo, o Desenvolvimento de Solução Digital, descreve o percurso metodológico e relata a execução prática do projeto. Detalha o framework Double Diamond e, em cada uma de suas fases, mostra como foram conduzidas a imersão no problema, a definição dos requisitos, o benchmarking, a prototipação e os testes.
- O quarto capítulo, Resultados e Discussões, apresenta e interpreta os dados obtidos nas validações, discute a eficácia da proposta frente às barreiras identificadas e verifica a hipótese inicial.
- O quinto capítulo, a Conclusão, retoma os objetivos, resume as principais contribuições, aponta as limitações do estudo e sugere caminhos para trabalhos futuros.

2 REFERENCIAL TEÓRICO E CONTEXTUALIZAÇÃO DO TEMA

Este capítulo apresenta as bases conceituais e históricas para entender a relação entre a tecnologia bancária e o usuário idoso. Primeiro, o texto traz um panorama da digitalização do sistema financeiro, desde os primeiros mainframes até as redes de autoatendimento e o surgimento dos caixas eletrônicos (ATMs). Depois, detalha a arquitetura técnica e funcional desses terminais, mostrando como a interação entre hardware (equipamento físico), software (programa de computador) e segurança criou um dispositivo que ajuda na inclusão financeira, mas também traz riscos físicos e digitais.

Em seguida, a discussão foca nos princípios de usabilidade e acessibilidade, baseados em Don Norman e nas diretrizes de Interação Humano-Computador (IHC). É analisado como as barreiras cognitivas, sensoriais e motoras do envelhecimento conflitam com as interfaces atuais dos caixas. O capítulo termina investigando a tensão entre segurança e autonomia, demonstrando como falhas de design podem transformar medidas de proteção em fatores de exclusão e dependência para os idosos.

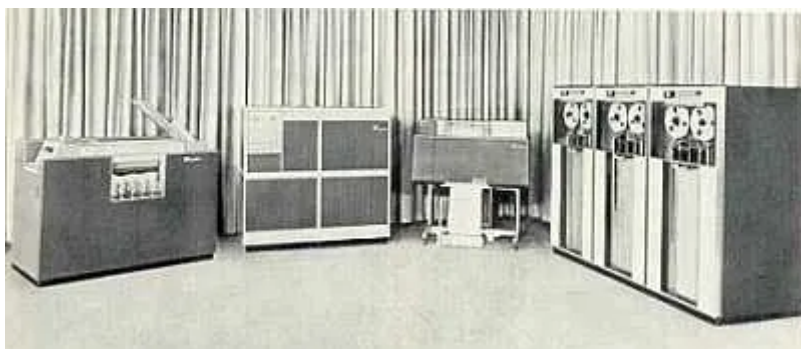
2.1 Digitalização do sistema bancário e o surgimento dos Automated Teller Machines (ATMs)

A década de 1960 representa o início da automação bancária no Brasil (IAMONTI, 2017). Foi um período de mudanças abrangentes, tanto no sistema financeiro quanto na capacidade tecnológica das organizações financeiras. A introdução dos primeiros computadores de grande porte (*mainframes*) não foi um evento isolado, mas consequência direta de um novo conjunto de regras que exigiu aumento de escala e aprimoramento da eficiência operacional. Em 1962, o banco Bradesco instalou seu primeiro *mainframe*, um IBM 1401, inaugurando o uso de computadores de alta performance no setor bancário brasileiro (IAMONTI, 2017). Esses equipamentos, dotados de grande capacidade de memória e múltiplos processadores, eram capazes de realizar bilhões de operações em tempo real, tornando-se fundamentais para o gerenciamento de bases de dados comerciais e para o suporte a sistemas de transações. Essa compra pioneira foi rapidamente seguida por outras grandes

instituições: o Banco Nacional adquiriu um mainframe Burroughs em 1962 e o Itaú, em 1965, comprou um computador da IBM.

A chegada dos computadores ao ambiente bancário gerou dificuldades e atritos, exigindo adaptação e esforço das equipes para sua utilização adequada. Como demonstração dessa resistência inicial, a automação de tarefas contábeis gerou forte oposição de profissionais que viam seus postos de trabalho ameaçados (DINIZ, 2004). No Banco Itaú, por exemplo, relatou-se que o chefe da Contabilidade se recusou a participar do lançamento do sistema de contabilidade computadorizado, chegando a considerar a iniciativa “fadada ao fracasso” (DINIZ, 2004). Essa reação revela que a digitalização bancária, desde seus primórdios, envolveu um complexo processo sociotécnico. A implementação de novas tecnologias exigiu não apenas investimentos em hardware e software, mas também uma profunda gestão de mudança cultural e organizacional. O temor da substituição do trabalho humano pela máquina, um tema recorrente na história da tecnologia, manifestou-se de forma clara, indicando os desafios que acompanhariam cada nova onda de automação no setor.

Figura 1 – Computadores da evolução da computação moderna



Fonte: Almeida (2018).

Em 1964, ocorreu a reforma do sistema financeiro nacional por meio da Lei nº 4.595/1964 (BRASIL, 1964), que criou o Conselho Monetário Nacional (CMN) e o Banco Central do Brasil (Bacen). Esse marco regulatório incentivou a concentração bancária e a modernização tecnológica das instituições financeiras, criando um ambiente propício para investimentos em automação. Poucos anos depois, em 1968, o Brasil assistiu ao lançamento do primeiro cartão de crédito emitido por um banco para uso doméstico, o Credicard, voltado exclusivamente ao mercado interno. Apesar dessa inovação, os cheques ainda eram o meio de pagamento mais amplamente utilizado pela população na época, e os cartões de crédito

demoraram a se consolidar e popularizar. Sua difusão exigiu mudanças culturais e adaptação tanto por parte dos consumidores quanto do próprio sistema bancário (RODRIGUES DA SILVA; RODRIGUES, 2010). Enquanto a década de 1960 foi caracterizada pela internalização da computação, com os sistemas e equipamentos concentrados dentro das instituições e acessíveis apenas a equipes especializadas, a década de 1970 marcou o início de um processo de externalização e interconexão desses sistemas. Houve a expansão do uso de computadores em rede, maior integração entre diferentes unidades bancárias e a possibilidade de acesso a dados e serviços de forma mais distribuída (QUATROCHI; CUBERO, 2019).

Paradoxalmente, o principal motor da inovação tecnológica bancária nesse período foi a própria instabilidade econômica. A experiência prolongada com índices de inflação elevados fez com que a agilidade no processamento das transações se tornasse um fator determinante de competitividade, assumindo papel central nas estratégias das instituições financeiras (FRISCHTAK, 1992). Em um cenário de inflação alta, o intervalo em que os recursos permaneciam sob a guarda do banco durante a compensação de um cheque resultava em receitas financeiras significativas, prática então conhecida como “float inflacionário”. Essa conjuntura criou um forte incentivo para que os bancos investissem em tecnologias capazes de aumentar a rapidez na circulação das informações e na movimentação dos recursos financeiros, reduzindo ao máximo esses prazos. A automação deixou, portanto, de ser vista apenas como um instrumento de redução de custos operacionais e passou a ser encarada como elemento estratégico fundamental, um mecanismo central para geração de novas fontes de receita. Sob intensa pressão competitiva, o grau de automação atingido pelos bancos brasileiros ultrapassou de forma expressiva aquele observado em outras economias semi-industrializadas, situando o país em um patamar tecnológico comparável ao de nações desenvolvidas (FRISCHTAK, 1992). De certo modo, a crise econômica funcionou como um catalisador inesperado, impulsionando a formação de uma infraestrutura tecnológica bancária sólida e resiliente, que se tornaria alicerce para inovações posteriores.

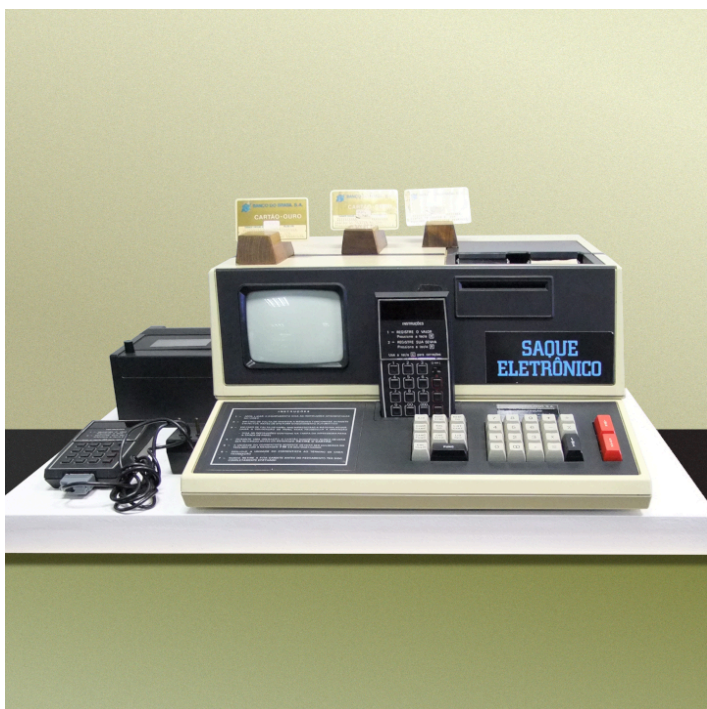
O modelo de processamento centralizado adotado nos anos 1960, baseado no envio físico de malotes contendo cartões perfurados das agências para o CPD central, revelou-se rapidamente incompatível com a realidade de um país de dimensões continentais e de inflação elevada. Muitas vezes, os dados coletados em agências de regiões distantes levavam dias para chegar ao centro de processamento, um atraso inviável diante da necessidade de rapidez imposta pela inflação. A alternativa encontrada pelos bancos, já na década de 1970, foi

descentralizar as operações de processamento e implantar as primeiras redes de comunicação de dados entre agências e centrais. As instituições passaram a estruturar subcentros regionais de processamento, equipados com minicomputadores, cuja função era realizar uma consolidação inicial das informações no âmbito local para, só então, transmiti-las ao mainframe central responsável pelo processamento definitivo (CORRÊA; MEIRELLES; DINIZ, 2010). Esse movimento representou uma mudança de paradigma tecnológico, substituindo gradativamente o processamento em lote (batch), realizado em ciclos diários, pelo processamento on-line em tempo real. Assim, tornou-se viável a oferta de serviços bancários de maneira instantânea e à distância, transformando profundamente o modo como as informações e transações eram tratadas.

Com o aumento da complexidade e da interconexão dos sistemas, tornou-se evidente a necessidade de estabelecer padrões técnicos que garantissem a compatibilidade e a eficiência das operações entre diferentes bancos. Inicialmente, cada instituição adotava formatos de dados e sistemas proprietários, o que representava um risco significativo à interoperabilidade do sistema financeiro nacional. Reconhecendo a gravidade desse problema, a Federação Brasileira de Bancos (FEBRABAN) tomou, em 1971, uma medida estratégica ao criar o Centro Nacional de Automação Bancária (CNAB). O CNAB constituiu uma iniciativa de governança coletiva do setor, com o objetivo de definir padrões técnicos unificados que assegurassem comunicação eficiente e contínua entre as diversas instituições financeiras (BADER, 2011). Essa padronização foi fundamental não apenas para viabilizar a compensação eletrônica de cheques, mas também para, mais adiante, permitir a criação das redes compartilhadas de autoatendimento. Em paralelo a esses avanços de infraestrutura, a década de 1970 testemunhou o surgimento dos primeiros dispositivos de autoatendimento bancário, precursores dos atuais caixas eletrônicos (IAMONTI, 2017). Em março de 1969, o Banco Industrial de Campina Grande (PB) tornou-se a primeira instituição financeira no Brasil e na América Latina a adotar um terminal de saque automático, adquirindo máquinas ATM da empresa britânica De La Rue (JORNAL DO COMÉRCIO, 1969). Pela primeira vez, um cliente pôde realizar uma operação bancária de forma independente, sem a intermediação de um funcionário. Esse experimento, simultaneamente social e tecnológico, visava avaliar a receptividade do público à interação direta homem-máquina no âmbito das finanças pessoais, então uma novidade.

No início dos anos 1980, consolidaram-se importantes iniciativas de automação voltadas ao autoatendimento. Em 1982, um conjunto de grandes bancos brasileiros uniu esforços para criar a Tecnologia Bancária S.A. (TecBan), empresa concebida para administrar e operar uma rede compartilhada de terminais de autoatendimento, rede que mais tarde ficaria conhecida pela marca Banco24Horas (IAMONTI,2017). No início dos anos oitenta, a automação bancária voltou-se para o atendimento ao cliente e o processamento on-line, momento em que surgiram os primeiros caixas eletrônicos fora das agências e o Banco Itaú adotou o slogan de 'banco eletrônico', consolidando a agilidade tecnológica como diferencial competitivo (DINIZ, 2004). Nesse mesmo período, a indústria nacional de equipamentos bancários dava um salto: a Itautec, empresa de tecnologia ligada ao Banco Itaú, foi responsável por desenvolver e fabricar esse primeiro ATM em parceria com o banco, mostrando a capacidade local de inovação (IAMONTI, 2017). Esses marcos, somados aos anteriores, deram início à difusão dos serviços de autoatendimento bancário no Brasil. Ao longo do tempo, com a evolução tecnológica e transformações culturais subsequentes, grande parte dos clientes passou a aceitar gradualmente essa nova forma de interação com os serviços financeiros, embora alguns segmentos ainda demonstrassem certa resistência inicial em abandonar totalmente os meios tradicionais de atendimento.

Figura 2 – Terminal de Saque Eletrônico do acervo do Museu da Inteligência

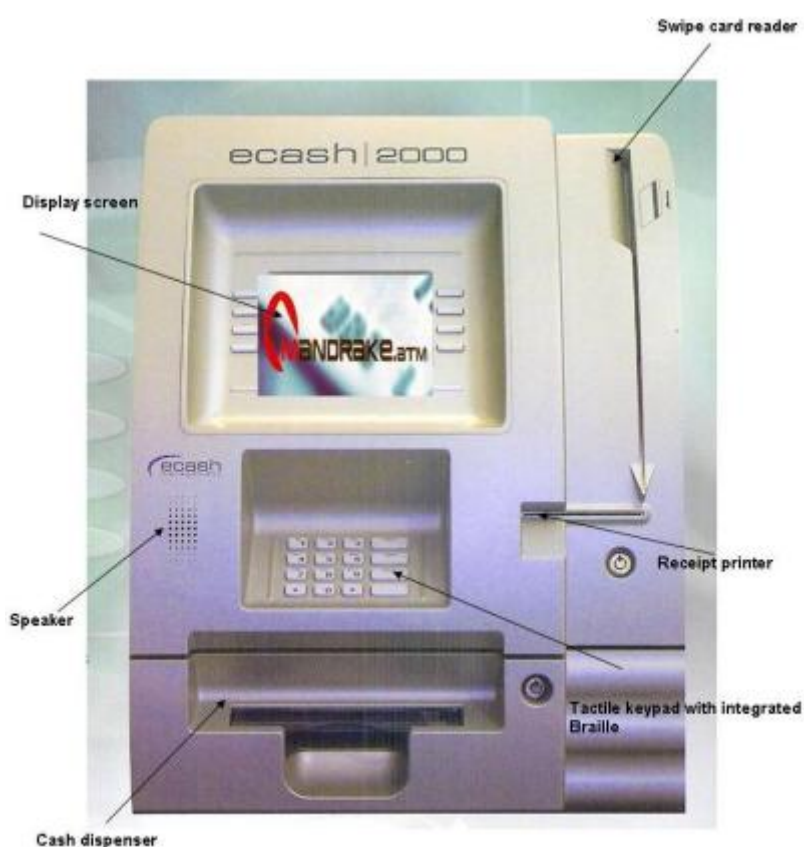


Fonte: Brasil (2021).

2.2. Surgimento dos terminais eletrônicos e autonomização dos serviços bancários

Automated Teller Machines (ATMs), ou conhecidos como caixas automáticos, foram anunciados como uma revolução que prometia acesso a serviços bancários 24 horas por dia, os ATMs representaram a primeira onda de digitalização visível ao cliente, movendo a automação de trás dos balcões para a linha de frente da interação bancária (ALVES, 2024). Para o campo do design, o caixa eletrônico deve ser compreendido como uma interface de interação entre o usuário e a instituição financeira. Trata-se de um dispositivo que combina elementos físicos e digitais, como a tela, o teclado e um conjunto de aberturas específicas que, articulados, não apenas compõem a estrutura visível do equipamento, mas também viabilizam a mediação de uma experiência central para o cotidiano do usuário: o acesso rápido, direto e relativamente autônomo a serviços bancários e financeiros (SILVA; CAMPOS; DEMAISON, 2016).

Figura 3 – Componentes de um caixa eletrônico (ATM)



Fonte: Circuits Today (2010).

Entretanto, é importante destacar que, por trás dessa interface aparentemente simples, encontra-se uma arquitetura complexa, planejada e elaborada com rigor técnico, evoluída com o decorrer dos anos. Nesse contexto, hardware e software não atuam de forma isolada, mas em constante colaboração e integração, de modo a assegurar que cada operação realizada seja processada com padrões de segurança, confiabilidade e padronização, garantindo, assim, a consistência e a integridade das transações financeiras executadas (CORRÊA; MEIRELLES; DINIZ, 2010).

Segundo Kaspersky (2021), atualmente observa-se que os modelos mais recentes de ATMs passaram por um processo de evolução que os aproximou, em termos arquitetônicos, da estrutura de um computador pessoal (PC). Essa transição para uma tecnologia padronizada trouxe benefícios significativos, como a redução de custos operacionais e a ampliação da flexibilidade no desenvolvimento e na manutenção do sistema (Kaspersky, 2021). Contudo, ao mesmo tempo em que possibilitou tais avanços, essa mudança também abriu espaço para o surgimento de vulnerabilidades de software semelhantes às aquelas enfrentadas cotidianamente por computadores convencionais, exigindo maior atenção à segurança. Entre as vulnerabilidades associadas a essa “PCização” dos ATMs destacam-se ataques de *jackpotting* (técnica criminosa que faz o ATM liberar cédulas sem autorização do banco) por malware (software malicioso como exemplo das variantes Tyupkin, WinPot e Ploutus), a exploração de portas de manutenção e de falhas de atualização, a introdução de códigos maliciosos por interfaces externas (USB ou rede) e a adulteração do software de aplicação, possibilitando tanto a extração ilícita de cédulas dos cassetes quanto a captura de dados sensíveis por meio de técnicas como *keylogging* (*captura maliciosa de teclas digitadas*). Tais ameaças demandam o reforço das medidas de proteção, incluindo o hardening (endurecimento ou reforço de segurança do sistema) do sistema operacional, o uso de listas brancas de aplicações (*whitelisting* - *lista branca de permissões*), o controle de portas de acesso, a criptografia de dados sensíveis e a segregação das funções críticas em módulos seguros (como o EPP e o HSM), além do monitoramento contínuo da integridade do sistema (Europol, 2017; Kaspersky, 2021; PCI SSC, 2013).

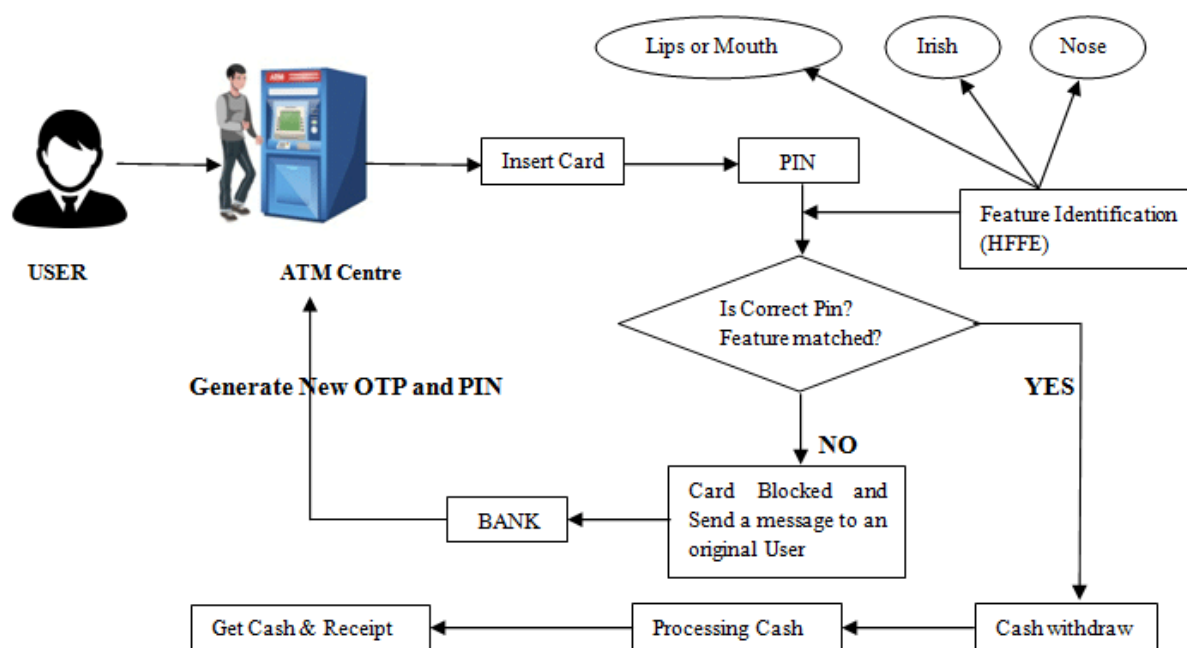
Segundo o PCI Security Standards Council (2009), com o intuito de minimizar os riscos associados a essas vulnerabilidades potenciais, o design de hardware dos caixas eletrônicos é concebido a partir de um princípio de “desconfiança inteligente”. Esse princípio parte da premissa de que o computador principal (PC Core), responsável pelo processamento

geral, pode em algum momento ser comprometido por falhas ou ataques; diante dessa possibilidade, as funções mais sensíveis para a integridade do sistema são isoladas e delegadas a componentes específicos, desenvolvidos com alto nível de especialização e projetados para operar com padrões de segurança reforçados, garantindo maior proteção e confiabilidade ao funcionamento do equipamento (PCI SSC, 2014).

Conforme Kaspersky (2021), os componentes de hardware que estruturam o funcionamento de um caixa eletrônico podem ser organizados em três categorias, cada uma responsável por aspectos distintos e complementares da operação. A interface com o usuário corresponde aos pontos de contato direto entre o cliente e o equipamento, sendo composta por dispositivos de entrada e de saída. Entre os primeiros destacam-se o Leitor de Cartão, encarregado de capturar os dados da conta bancária, e o Teclado (EPP), utilizado para a inserção de comandos e, sobretudo, da senha pessoal (PIN). Já no conjunto de dispositivos de saída encontram-se a Tela, que orienta e guia o usuário durante todo o processo de interação; a Impressora de Recibos, que fornece registros físicos das operações realizadas; e o Alto-falante, cuja função é disponibilizar *feedback* sonoro imediato (Kaspersky, 2021). O núcleo operacional situa-se no “coração” do ATM: ali está o PC Core, um computador industrial responsável por executar o sistema operacional, geralmente Windows ou Linux e o software de aplicação que coordena todas as operações. Além do processamento central, o núcleo abriga o mecanismo físico de armazenamento e dispensação do numerário: as cédulas permanecem guardadas em cassetes inseridos em um Cofre robusto, cuja segurança é reforçada por um mecanismo sofisticado denominado Dispensador de Cédulas. Esse dispositivo é projetado para realizar a contagem precisa e a entrega controlada das notas, garantindo tanto a integridade da operação quanto a confiabilidade do serviço prestado ao usuário (Kaspersky, 2021). A camada de segurança criptográfica representa a parte mais sensível e engenhosa da arquitetura, visto que parte do princípio de que o PC Core não pode ser considerado um ambiente totalmente confiável. Por essa razão, as funções de segurança mais críticas são delegadas a módulos de hardware altamente especializados e resistentes a violações. Entre eles destaca-se o próprio Encrypting PIN Pad (EPP), o teclado do ATM que transcende a função de um simples dispositivo de entrada. Assim que o cliente insere sua senha, o EPP a criptografa de forma imediata, impedindo que o código em texto claro circule pelo “cérebro” do equipamento, o qual poderia estar comprometido por malwares. Outro componente essencial é o Hardware Security Module (HSM), considerado o guardião central

das chaves criptográficas de toda a rede bancária. Localizado nos servidores das instituições, esse processador dedicado administra as chaves de criptografia e viabiliza a chamada “tradução de PIN”, processo que ocorre quando uma transação precisa transitar entre diferentes redes bancárias: o HSM descriptografa o bloco de PIN com uma chave e, em seguida, o recriptografa com outra, permitindo o roteamento seguro da informação sem que esta seja exposta em momento algum (PCI SSC, 2009; PCI SSC, 2014). Essa organização em camadas, separando o processamento geral da gestão da segurança, constitui a base arquitetônica que possibilita a realização de milhões de transações financeiras diariamente, assegurando ao mesmo tempo eficiência operacional e um elevado grau de confiança por parte dos usuários. Se considerarmos que o hardware representa o corpo físico do caixa eletrônico, o software pode ser entendido como sua mente e também como o sistema nervoso que coordena, integra e dá sentido a todas as operações (Kaspersky, 2021).

Figura 4 – Diagrama de arquitetura de ATM utilizando HFfe



Fonte: Kannan e Mary (2019).

Historicamente, o desenvolvimento de software para ATMs estava intimamente vinculado ao hardware de um único fabricante, o que resultava em um forte aprisionamento tecnológico (*vendor lock-in*). Esse modelo impunha elevados custos de manutenção e

atualização, além de restringir significativamente a flexibilidade na adoção de novos dispositivos ou na integração com diferentes soluções tecnológicas. Com o intuito de superar essas limitações, a indústria bancária passou a adotar o padrão CEN/XFS (*Extensions for Financial Services*), que pode ser metaforicamente descrito como um “tradutor universal” ou, de forma ainda mais clara, como um sistema operacional voltado especificamente para os periféricos de caixas eletrônicos (CEN, 2019a). Esse padrão estabelece uma camada de abstração que atua como mediadora entre a aplicação principal do banco, o software com o qual o cliente interage efetivamente por meio da tela e os diversos componentes de hardware, como o leitor de cartão, a impressora de recibos ou o dispensador de cédulas. Dessa maneira, desde que o dispositivo em questão seja compatível e “fale a linguagem” do XFS, a comunicação entre software e hardware torna-se padronizada e independente do fabricante, promovendo não apenas maior interoperabilidade, mas também ganhos em eficiência, redução de custos e liberdade tecnológica para as instituições financeiras. Essa organização modular do software constitui um dos pilares da arquitetura dos caixas eletrônicos, pois é justamente ela que possibilita às instituições financeiras realizar atualizações significativas em seus sistemas sem que isso implique a substituição integral do hardware. Em outras palavras, um banco pode, por exemplo, modificar ou modernizar a interface gráfica do aplicativo que o cliente visualiza na tela, sem necessidade de alterar toda a estrutura física do equipamento. Da mesma forma, caso um componente específico como um leitor de cartão apresente defeito, é viável substituí-lo por um modelo de outro fabricante, sem a obrigação de reescrever ou reconfigurar todo o sistema operacional e o software de aplicação do ATM. Isso é possível graças ao XFS, que padroniza a comunicação entre os módulos internos, garantindo assim interoperabilidade entre diferentes dispositivos, bem como um elevado grau de flexibilidade, eficiência e redução de custos para o setor bancário (CEN, 2019b).

Quando um cliente realiza um saque em um caixa eletrônico, ele dá início a uma jornada de comunicação altamente complexa, conectando diretamente o hardware e o software do ATM à vasta rede bancária global. Essa comunicação é estruturada segundo uma “linguagem universal” para transações financeiras, padronizada pela norma ISO 8583, que define um formato consistente para a troca de informações entre sistemas financeiros (IBM, 2020). Cada mensagem ISO 8583 pode ser entendida como um pacote de dados cuidadosamente estruturado, contendo todas as informações necessárias para processar uma transação de forma segura e eficiente. Seus componentes principais incluem o Message Type

Indicator (MTI) um código de quatro dígitos que funciona como o “verbo” da mensagem, indicando sua finalidade (seja uma solicitação de autorização, a execução de uma transação financeira, uma reversão ou outro tipo de operação); o Bitmap, que atua como um índice indicando quais campos de dados estão presentes na mensagem e permitindo que apenas as informações essenciais sejam transmitidas, tornando a comunicação mais ágil; e os Data Elements, que contêm os dados da transação em si, como número da conta, valor, data, hora e o bloco de PIN criptografado. A transação se inicia no ATM quando o cliente insere o cartão e digita a senha. O Leitor de Cartão captura as informações da conta, enquanto o EPP criptografa imediatamente a senha inserida, formando um bloco de PIN seguro que garante a proteção dessa informação sensível desde o ponto de entrada (PCI SSC, 2013). Em seguida, o software do ATM monta uma requisição de autorização no formato ISO 8583, incorporando os dados do cartão, o valor do saque e o bloco de PIN criptografado. Essa mensagem é então enviada ao servidor do banco adquirente, onde um HSM realiza a tradução segura do PIN e encaminha a solicitação para a rede de pagamentos, como Visa ou Mastercard, que por sua vez direciona a transação ao banco emissor do cartão. O banco emissor verifica tanto a senha quanto o saldo disponível em conta e, quando todos os critérios são atendidos, envia uma mensagem de aprovação de volta pelo mesmo caminho até o ATM. Ao receber a autorização, o software do ATM aciona, por meio do padrão XFS, o Dispensador de Cédulas, que entrega o valor solicitado ao cliente, finalizando a transação. Essa sequência de operações, que ocorre em questão de segundos, evidencia a integração perfeita entre os componentes de hardware especializado, o software modular e os protocolos internacionais de comunicação. Por trás de uma interface aparentemente simples e intuitiva, opera um sistema extremamente robusto, seguro e confiável, capaz de gerenciar milhões de transações diárias com eficiência e precisão (IBM, 2020).

O que inicialmente surgiu como um instrumento voltado para operações simples e restritas como saques em dinheiro e emissão de extratos bancários passou por um processo contínuo de evolução ao longo de várias décadas. Nesse período, os caixas eletrônicos no Brasil transformaram-se em terminais multifuncionais, capazes de oferecer uma ampla gama de serviços financeiros, e consolidaram-se gradualmente como elementos indissociáveis da infraestrutura bancária do país, desempenhando um papel central na experiência cotidiana dos usuários e na operação eficiente do sistema financeiro. A expansão e a disseminação dos caixas eletrônicos no Brasil ultrapassaram o simples processo de modernização dos serviços

bancários, consolidando-se como uma infraestrutura estratégica para a integração econômica e social do país. Considerando a vastidão geográfica brasileira, em muitas regiões é inviável para uma instituição financeira manter agências bancárias em todas as cidades; nesse contexto, os terminais de autoatendimento permitem que grande parte das operações financeiras seja realizada de forma autônoma e descentralizada, oferecendo aos usuários acesso rápido e eficiente a serviços básicos como saques, depósitos e transferências e reservando o contato presencial apenas para situações que exigem a intervenção direta de um funcionário (BANCO CENTRAL DO BRASIL, 2021; DIEESE, 2024). Segundo dados do Banco Central do Brasil (2021), mais de 2.300 municípios brasileiros, aproximadamente 44,5% do total de cidades do país, não dispõem de nenhuma agência bancária física, fazendo com que os ATMs sejam, muitas vezes, o único ponto de contato financeiro para milhões de cidadãos. Essa ampla capilaridade confere aos caixas eletrônicos um papel que vai além da mera funcionalidade operacional, assumindo também uma dimensão de política social ao promover a inclusão financeira em regiões remotas ou de baixa densidade populacional, onde a presença de uma agência tradicional seria economicamente inviável (DIEESE, 2024).

Apesar da ascensão rápida do *mobile banking*, responsável atualmente pela maior parte das transações bancárias no Brasil, os caixas eletrônicos mantêm uma relevância significativa, tanto do ponto de vista econômico quanto operacional. De acordo com pesquisas realizadas pela Federação Brasileira de Bancos (FEBRABAN, 2025a), os ATMs figuram como o quarto canal mais utilizado para a realização de transações financeiras, respondendo por aproximadamente 8% do total ficando atrás apenas do celular, do Internet Banking e dos pontos de venda no comércio. Esses dados evidenciam que, mesmo em um contexto de digitalização crescente, os terminais de autoatendimento continuam desempenhando um papel estratégico, garantindo acesso físico e seguro a serviços financeiros essenciais para uma parcela relevante da população (FEBRABAN, 2025b).

Segundo a TecBan (2025), em um ecossistema financeiro cada vez mais híbrido, os caixas eletrônicos assumem o papel de uma ponte indispensável entre o universo digital e o físico. Para clientes de bancos digitais e fintechs (empresas de tecnologia financeira), que operam sem a infraestrutura de agências presenciais, os ATMs de redes compartilhadas, como o Banco24Horas, tornam-se o principal canal para a realização de saques e depósitos, permitindo converter o acesso digital em recursos tangíveis. Esses terminais não apenas complementam os serviços oferecidos pelas instituições financeiras digitais, mas também

concretizam a promessa de um atendimento bancário completo, garantindo praticidade, segurança e abrangência na experiência do usuário.

Dados da FEBRABAN evidenciam uma migração crescente de transações rotineiras, como consultas de saldo e pagamentos de contas, dos caixas eletrônicos para os canais de *mobile banking* (FEBRABAN, 2025b). Para o usuário urbano, que apresenta alta fluência digital e acesso contínuo à internet, os ATMs tendem a assumir um papel secundário sendo utilizados principalmente de forma esporádica, sobretudo para saques em dinheiro, enquanto tarefas mais simples e frequentes migram para as plataformas digitais. Contudo, essa tendência de migração para os canais digitais revela, ao mesmo tempo, uma realidade paralela de grande importância social. Para milhões de brasileiros que vivem em áreas desbancarizadas, enfrentam exclusão digital devido à falta de acesso ou de habilidades tecnológicas, ou cuja subsistência depende da economia informal baseada em dinheiro vivo, os caixas eletrônicos não apenas mantêm sua relevância, mas ampliam seu papel como serviço essencial. Nesses contextos, o ATM se consolida como uma verdadeira linha de vida financeira, garantindo que indivíduos e comunidades possam realizar operações básicas que, de outra forma, seriam inacessíveis (Banco Central do Brasil, 2021). Essa bifurcação funcional evidencia que a justificativa para a manutenção e modernização da dispendiosa rede de ATMs não pode se apoiar exclusivamente em métricas de volume total de transações. O valor estratégico desses terminais deve ser avaliado também por seu impacto social, pelo papel que desempenham na promoção da equidade e pela capacidade de assegurar inclusão financeira às populações que o sistema digital ainda não alcançou plenamente (DIEESE, 2024).

Segundo Kaspersky (2015), a conveniência e a acessibilidade oferecidas pelos caixas eletrônicos são contrabalançadas por vulnerabilidades que tornam esses terminais alvos constantes de atividades criminosas. Esses riscos, que abrangem desde ataques físicos de alta violência até fraudes eletrônicas sofisticadas, não apenas geram perdas financeiras para as instituições, mas também corroem a confiança do público e criam barreiras psicológicas significativas para o uso da tecnologia, especialmente entre os grupos mais vulneráveis. A natureza descentralizada dos caixas eletrônicos, aliada à presença de dinheiro em espécie em seus cofres, faz com que os ATMs se tornem alvos primários para ataques físicos, tornando-os vulneráveis a arrombamentos, explosões e outras formas de violência direcionadas à obtenção ilícita de recursos (Europol, 2017). As modalidades criminosas direcionadas aos caixas

eletrônicos são diversas e refletem um nível crescente de ousadia e sofisticação, evidenciando que os atacantes vêm adotando técnicas cada vez mais elaboradas para explorar vulnerabilidades físicas e digitais desses terminais. Tais ações não apenas acarretam perdas financeiras e danos materiais consideráveis, mas também configuram um sério risco à segurança pública, uma vez que podem afetar estruturas próximas e colocar vidas humanas em perigo. A segurança física dos caixas eletrônicos, portanto, transcende a proteção de ativos; ela é um fator crucial para manter a confiança dos clientes e garantir a proteção das comunidades onde os terminais estão instalados.

Paralelamente aos riscos físicos, os caixas eletrônicos constituem um ambiente suscetível a fraudes eletrônicas sendo a modalidade mais conhecida no Brasil o chamado “chupa-cabra”, tecnicamente denominado *skimming* (Kaspersky, 2015). Nesse tipo de golpe, criminosos instalam dispositivos clandestinos sobrepostos aos componentes originais do terminal. Um leitor falso (*skimmer*) é posicionado na entrada do cartão para copiar os dados da tarja magnética, enquanto uma microcâmera ou mesmo um teclado falso é utilizado para capturar a senha digitada pelo usuário. De posse dessas informações, os fraudadores conseguem clonar o cartão e efetuar saques ou compras indevidas. Outras variações do golpe podem envolver a instalação de mecanismos que retêm o dinheiro ou os envelopes de depósito, enganando o cliente e dificultando a percepção imediata da fraude (Kaspersky, 2015). A prevenção e o combate a essas práticas ilícitas são responsabilidades diretas das instituições financeiras, que devem investir continuamente em tecnologia, monitoramento e educação do usuário para minimizar os riscos associados. Decisões judiciais têm reafirmado o dever dos bancos de assegurar um ambiente seguro para as operações em caixas eletrônicos, determinando que as instituições restituam os clientes lesados por golpes ocorridos em suas dependências mesmo quando a fraude é cometida por terceiros por se tratar de risco inerente à atividade bancária (STJ, 2012).

No entanto, a discussão sobre segurança não pode se restringir aos aspectos técnicos e físicos. A própria existência desses riscos, aliada à sua ampla divulgação, gera uma barreira psicológica que influencia a forma como os usuários interagem com os terminais (MAZZONI; TORRES, 2008). A percepção de insegurança e o medo de ser vítima de um golpe não se distribuem de maneira uniforme entre a população, sendo especialmente intensos em grupos que já apresentam vulnerabilidade ou menor familiaridade com tecnologias como a população idosa, para quem o temor de utilizar os ATMs pode comprometer

significativamente a experiência e a confiança no sistema bancário (Raymundo, 2013). Para esses usuários, a segurança de um caixa eletrônico não se mede pela robustez da criptografia, pela presença de câmeras de vigilância ou por outros mecanismos técnicos de proteção, mas sim pela sensação subjetiva de vulnerabilidade pessoal. O receio de fraudes como o “chupa-cabra”, a desconfiança em relação a estranhos que se aproximam oferecendo ajuda e a ansiedade de cometer um erro que resulte na perda do dinheiro são fatores centrais que moldam essa experiência. Essa percepção de risco, quando combinada a dificuldades de usabilidade e barreiras tecnológicas, gera um estado de inquietude que pode levar à evitação completa do uso dos terminais, restringindo o acesso a serviços financeiros básicos e aprofundando a exclusão de determinados grupos (Mazzoni; Torres, 2008; Raymundo, 2013).

Além disso, a sensação de insegurança que os idosos sentem ao usar os caixas de autoatendimento afeta a usabilidade do sistema. O medo de errar, ser observado, perder o cartão ou cair em um golpe desvia a atenção da tarefa e aumenta a carga cognitiva. Como resultado, ações simples ficam mais difíceis, a tomada de decisão demora mais e a chance de erros, desistência ou necessidade de ajuda aumenta. Portanto, a insegurança vai além do emocional e compromete a eficácia, a eficiência e a satisfação, que são os três pilares da usabilidade. Portanto, a segurança do caixa eletrônico não pode ser avaliada apenas pela ausência de incidentes, mas também pela capacidade do sistema de gerar confiança e tranquilidade no usuário. Um terminal tecnicamente seguro, mas psicologicamente intimidador, falha em seu propósito de inclusão, tornando-se, na prática, um mecanismo de exclusão para muitos. Embora a automação bancária tenha avançado sob a lógica da eficiência e da autonomia do cliente, ela simultaneamente criou barreiras significativas para determinados segmentos da população. Nenhum grupo vivencia essas barreiras de maneira mais intensa do que a população idosa (MAZZONI; TORRES, 2008). Para eles, a interação com caixas eletrônicos e outras tecnologias bancárias digitais frequentemente se traduz em experiências marcadas por desafios de usabilidade, estresse psicológico e uma sensação acentuada de vulnerabilidade.

Figura 5 - Manchete sobre furto de cartão de idoso em CAA, Fortaleza (2023)

PCCE

Suspeito de aplicar golpe em idoso é preso em flagrante pela Polícia Civil em Fortaleza

5 DE ABRIL DE 2023 - 11:45 | #Investigação #Operação #PC-CE #Polícia Civil #Prisão #Segurança

Fonte: SSPDS (2023).

2.3 Os desafios de usabilidade/acessibilidade dos terminais eletrônicos para idosos

A evolução da automação bancária no Brasil mostra que, embora os avanços tecnológicos tenham ampliado o acesso aos serviços financeiros, eles também criaram novos desafios relacionados à forma como as pessoas interagem com esses sistemas. A popularização dos caixas eletrônicos, por exemplo, representou um marco importante ao permitir que clientes realizassem operações de forma autônoma. No entanto, essa autonomia nem sempre é acompanhada de facilidade de uso. Muitos usuários, especialmente aqueles com menor familiaridade digital, enfrentam dificuldades para compreender a interface, temem cometer erros ou se sentem vulneráveis diante das possibilidades de fraude, situação destacada por pesquisas que mostram como a percepção de insegurança afeta de forma mais intensa grupos como a população idosa (MAZZONI; TORRES, 2008). Esses fatores influenciam diretamente a confiança no sistema e podem até afastar parte da população de serviços essenciais.

Nesse cenário, conceitos do campo do Design tornam-se fundamentais para analisar como essas tecnologias podem ser planejadas de maneira mais humana e eficiente. Entre eles, destacam-se a usabilidade e a acessibilidade, que ajudam a compreender de que forma um produto, sistema ou interface pode ser utilizado com clareza, segurança e conforto por pessoas com diferentes perfis e limitações. A seguir, esses dois conceitos serão apresentados com mais detalhes, servindo como base para a discussão a experiência dos usuários idosos nas interações com tecnologias bancárias. (Reis, 2022, p. 54).

Pela norma ISO 9241-11(2018), usabilidade é a medida na qual um sistema, produto ou serviço pode ser usado por usuários específicos para alcançar objetivos específicos com eficácia, eficiência e satisfação em um contexto específico de uso (Reis, 2022, p. 54).

De modo complementar, Reis (2022) define acessibilidade como:

Acessibilidade é tornar objetos, produtos e ambientes acessíveis para pessoas com alguma limitação permanente, temporária ou circunstancial, que dificulte ou impeça seu uso. Seu objetivo é criar um mundo verdadeiramente inclusivo, onde todos possam participar (Reis, 2022, p. 227).

A transição dos serviços bancários do atendimento humano para as plataformas digitais e de autoatendimento representa uma das mudanças mais significativas nas últimas décadas, no contexto bancário (CORRÊA; MEIRELLES; DINIZ, 2010). A automação, simbolizada pelo caixa eletrônico ou terminal de autoatendimento (ATM), foi introduzida com a promessa de eficiência, conveniência e acesso 24 horas. No entanto, o que para uma parcela da população significou autonomia, para outra, especialmente a população idosa, emergiu como uma fonte de atrito, ansiedade e exclusão (CASTRO; CAMPOS, 2016).

O argumento central a ser desenvolvido é que os desafios enfrentados pelos idosos nos caixas eletrônicos não são falhas pessoais ou "resistência" geracional à tecnologia (CASTRO; CAMPOS, 2016). Pelo contrário, são falhas sistêmicas de design que infringem princípios fundamentais de usabilidade e acessibilidade. Essas falhas, por sua vez, geram um impacto humano mensurável, descrito na literatura como "angústia e constrangimento" (SIMÕES, 2018) e, mais gravemente, como "sofrimento psíquico" (MAZZONI; TORRES, 2008). O resultado líquido é um processo de exclusão digital e bancária que mina a autonomia e a dignidade do usuário idoso (ALENCAR FILHO, 2019; CARDOSO, 2017).

Entre os que não utilizam aplicativos para fins bancários, a insegurança nos processos e em si, e a falta de conhecimentos sobre os meios digitais de maneira geral parecem impedi-los de seguir. Em maioria, a pessoa idosa prefere procedimentos em agências físicas (SIMÕES, 2018).

Para dissecar esta problemática, essa seção está estruturada em quatro seções analíticas. A primeira (2.3.1) estabelece a fundamentação teórica, definindo rigorosamente os conceitos de usabilidade e acessibilidade com base nos conceitos de Don Norman (NORMAN, 2018; REIS, 2022, cap. 2). A segunda (2.3.2) investiga os problemas crônicos de usabilidade dos caixas eletrônicos que afetam todos os usuários, independentemente da idade. A terceira (2.3.3) isola as variáveis do envelhecimento, detalhando as barreiras que a população idosa enfrenta com interfaces gráficas em geral.

Finalmente, a quarta seção (2.3.4) realiza a síntese crítica, demonstrando como os problemas gerais dos ATMs (seção 2.3.2) são exponencialmente agravados pelas necessidades específicas dos idosos (seção 2.3.3), criando uma "tempestade perfeita" de interação que resulta na falha da autonomia e na exclusão social.

2.3.1 A perspectiva de Don Norman sobre fundamentos conceituais

Para analisar os desafios dos terminais eletrônicos, é importante primeiro estabelecer as definições conceituais: usabilidade e acessibilidade. Para esta análise, adotaremos os conceitos de Don Norman, um dos fundadores do campo da Interação Humano-Computador e o principal proponente do design centrado no usuário.

Figura 6 – Diagrama de Venn: interseção entre Acessibilidade, Inclusividade e Usabilidade (Design Inclusivo)



Fonte: Web.dev ([s.d.]).

A usabilidade, no contexto da obra de Don Norman, é definida menos por métricas e mais como o resultado de uma filosofia de design bem executada. Em seu livro, "O Design do Dia a Dia (2018)", Norman estabelece um princípio fundamental quando os usuários têm dificuldade com um produto, a falha não é do usuário, mas do design (NORMAN, 2018).

Quando você tem dificuldade com uma coisa qualquer – quer seja descobrir se deve puxar ou empurrar uma porta ou os caprichos arbitrários do computador e da indústria eletrônica moderna –, não é sua culpa. Não ponha a culpa em si mesmo, ponha a culpa no designer. A falha é da tecnologia ou, mais precisamente, do design (NORMAN, 2018, pág 6).

Para Norman (2018), o design atua essencialmente como um processo comunicativo. O autor argumenta que, para transmitir com clareza o funcionamento de um objeto, o designer

precisa ter uma compreensão profunda e detalhada do usuário com quem está dialogando.(NORMAN, 2018).

Segundo Norman (2018), isso é alcançado através de princípios fundamentais do design de interação que permitem ao usuário construir um modelo mental correto:

- **Visibilidade (Visibility):** As funções relevantes do sistema devem estar visíveis. "As peças corretas têm de estar visíveis e devem transmitir a mensagem correta" (NORMAN, 2018).
- **Modelos Conceituais (Conceptual Models):** O design deve fornecer um bom modelo conceitual, que permita ao usuário compreender como o aparelho funciona. Sem isso, "somos obrigados a criar o nosso próprio modelo, e os que criamos provavelmente estão errados" (NORMAN, 2018).
- **Bons Mapeamentos (Good Mappings):** Refere-se à relação entre os controles e suas ações no mundo. O "mapeamento natural" aproveita analogias físicas e padrões culturais, conduzindo à compreensão imediata (NORMAN, 2018).
- **Affordances:** Refere-se às propriedades percebidas de um objeto que sugerem como ele deve ser usado. "Affordances fornecem fortes indicações para a operação de objetos. Chapas são para empurrar. Maçanetas são para girar" (NORMAN, 2018).
- **Restrições (Constraints):** São elementos de design que limitam as ações do usuário, prevenindo erros. "A maneira mais segura de tornar alguma coisa fácil de usar, com poucos erros, é impossibilitar fazê-la de outro modo" (NORMAN, 2018).
- **Feedback (Retorno):** Para cada ação do usuário, deve haver um retorno de informação imediato e claro, comunicando que a ação foi recebida e qual foi o resultado (NORMAN, 2018).

Tabela 1 – Princípios Fundamentais do Design de Interação

Princípios fundamentais do design de interação		
Princípio	Descrição do Princípio	Exemplo do Princípio
Visibilidade (<i>Visibility</i>)	As funções relevantes devem estar visíveis para comunicar a mensagem correta. O usuário precisa ver as opções disponíveis para saber o que pode fazer.	Um botão de "Comprar" ou "Inscrever-se" que possui cor de destaque e está posicionado em local óbvio na tela.
Modelos Conceituais (<i>Conceptual Models</i>)	O design deve fornecer uma representação que ajude o usuário a entender como o sistema funciona, evitando a criação de modelos mentais errados.	A área de trabalho do computador (Desktop) que simula uma mesa real com pastas e arquivos, facilitando o entendimento de organização digital.
Bons Mapeamentos (<i>Good Mappings</i>)	Refere-se à relação lógica e natural entre os controles e suas ações, aproveitando analogias físicas e padrões culturais para compreensão imediata.	Os controles das bocas de um fogão dispostos na mesma geometria que os queimadores (o botão da esquerda acende a boca da esquerda).
<i>Affordances</i>	Propriedades percebidas do objeto que sugerem intuitivamente como ele deve ser utilizado, sem necessidade de explicação.	O design de uma maçaneta que, pelo formato, indica que deve ser girada, ou um botão na tela com sombreamento que "pede" para ser clicado.
Restrições (<i>Constraints</i>)	Elementos que limitam as ações possíveis do usuário para prevenir erros, impossibilitando a execução de ações incorretas.	Um formulário online onde o botão "Enviar" fica cinza (inativo) e não pode ser clicado até que todos os campos obrigatórios sejam preenchidos.

<i>Feedback</i> (Retorno)	Retorno de informação imediato e claro para cada ação do usuário, confirmando que o sistema recebeu o comando e qual foi o resultado.	Quando você digita a senha errada no celular e ele vibra ou mostra uma animação tremendo, indicando o erro imediatamente.
---------------------------	---	---

Fonte: Elaborada pelo autor com base em Norman (2018).

Na filosofia de Norman, o conceito de acessibilidade está profundamente integrado ao "Design Centrado no Usuário". A premissa é que o design deve acomodar as necessidades de todas as pessoas, e não apenas de um suposto "usuário médio". Norman é enfático ao afirmar que "a pessoa média ou padrão não existe" (NORMAN, 2018).

Figura 7 – Rampa de acessibilidade e piso tátil em calçada



Fonte: Prefeitura de Bonito ([s.d.]).

O design que falha em considerar a diversidade de usuários como os idosos, que enfrentam mudanças na visão ou agilidade (NORMAN, 2018), ou pessoas canhotas (NORMAN, 2018) é fundamentalmente um design falho. A acessibilidade, neste contexto, é o resultado de um design que "responde às necessidades das pessoas que o usam" (NORMAN, 2018).

A falha em prover acessibilidade é, portanto, uma falha de design, resultado de uma "equipe de design de projeto que não dedicou atenção suficiente às necessidades daqueles que

usariam o equipamento, de modo que confusão ou erro eram quase inevitáveis" (NORMAN, 2018). Um design inacessível é, por definição, um design ruim, pois falha em seu "ato de comunicação" para uma grande parcela de seus usuários (NORMAN, 2018).

Assim, para Norman (2018), usabilidade e acessibilidade (ou design inclusivo) convergem. Um produto que viola os princípios de Norman (como *feedback* lento ou mapeamento confuso tem baixa usabilidade para todos os usuários, mas torna-se completamente inacessível para o idoso, cujas capacidades cognitivas ou sensoriais podem estar diminuídas (NORMAN, 2018).

A falha central dos caixas eletrônicos para idosos, sob esta ótica, é a violação sistemática desses princípios (NORMAN, 2018). A falta de autonomia do usuário não é um conceito abstrato; é o resultado direto de um design que falha em prover visibilidade clara das opções (NORMAN, 2018), *feedback* tranquilizador (NORMAN, 2018) e restrições que previnam o erro (NORMAN, 2018).

Estudos (explorados na seção 2.3.4) demonstram que uma vasta porcentagem de idosos (47% em uma pesquisa) sempre depende de auxílio para usar o terminal (ALENCAR FILHO, 2019). Esta é a evidência da falha de design. Da mesma forma, a "grande carga psíquica" e "intranquilidade" (MAZZONI; TORRES, 2008) relatadas na literatura são um indicador direto dessa falha. Quando um usuário sente "angústia" (SIMÕES, 2018) e "constrangimento constante" (SIMÕES, 2018) ao se aproximar de um terminal, a usabilidade do sistema, pela filosofia de Norman, falhou catastroficamente em seu principal dever: comunicar-se com o ser humano (NORMAN, 2018).

2.3.2 Questões de usabilidade gerais com caixas eletrônicos

Antes de analisar o impacto específico sobre a população idosa, é crucial estabelecer que os caixas eletrônicos, como sistemas interativos, já são amplamente reconhecidos na literatura de IHC por apresentarem problemas crônicos de usabilidade que afetam o público geral. As dificuldades enfrentadas pelos idosos não surgem no vácuo; elas são, em muitos casos, uma amplificação de falhas de design já existentes.

Pesquisas sobre a avaliação de usabilidade de interfaces de ATM apontam que, embora a funcionalidade desses sistemas tenha crescido, as interfaces "geralmente apresentam defeitos de usabilidade". Essa defasagem entre funcionalidade e facilidade de uso pode levar a

uma "experiência de usuário frustrante" para qualquer pessoa (MOQUILLAZA; PAZ; SAHUA, 2021).

A pouca consideração das necessidades do usuário no design de interfaces de ATM produziu alguns problemas graves de Usabilidade e Acessibilidade, causando desconforto e erros operacionais (MOQUILLAZA; PAZ; SAHUA, 2021).

A raiz desse problema é uma "lacuna de design sistêmico". A literatura nota a "falta de evidências específicas, padrões e critérios" para a aplicação de princípios gerais de usabilidade ao domínio específico dos caixas eletrônicos (MOQUILLAZA; PAZ; SAHUA, 2021). Isso significa que, sem diretrizes claras, o design das interfaces de ATM é frequentemente inconsistente e inadequado. A literatura acadêmica identifica vários problemas de interação recorrentes:

Inconsistência de Design: Um dos problemas mais evidentes é a falta de padronização. Não há consistência nos padrões de design (ex: posição de botões, tipos de aviso) entre diferentes instituições financeiras, ou mesmo entre diferentes tipos de terminais (táteis vs. baseados em botões físicos) dentro do mesmo banco (MOQUILLAZA; PAZ; SAHUA, 2021). Isso confunde os usuários, que não podem transferir seu aprendizado de um terminal para outro, violando o princípio de "consistência e padrões" de design de interface.

Sobrecarga Cognitiva (Carga de Memória): Especialistas em design de ATM e usuários relatam que os usuários ficam "saturados com um monte de informação nas telas" (MOQUILLAZA; PAZ; SAHUA, 2021). O design falha em "minimizar a carga de memória do usuário", exigindo que ele se lembre de sequências de passos complexas ou escolha entre um número excessivo de opções (MOQUILLAZA; PAZ; SAHUA, 2021).

Falta de *Feedback*: Os sistemas muitas vezes falham em prover *feedback* claro e imediato. Há uma necessidade, identificada por especialistas, de "constantemente prover ao usuário informação sobre o status da transação que está sendo realizada" (MOQUILLAZA; PAZ; SAHUA, 2021). Sem esse *feedback*, o usuário fica inseguro, perguntando-se se o sistema travou, se o dinheiro será liberado ou se a transação foi concluída.

Complexidade e Lentidão: A complexidade dos fluxos de tarefas é um problema central. Há uma necessidade de "diminuir o número de telas e tornar seu uso mais fácil", o que reduziria o tempo total gasto na máquina (MOQUILLAZA; PAZ; SAHUA, 2021).

Privacidade e Segurança: O design físico e de interface muitas vezes não considera adequadamente a privacidade. Dificuldades em "evitar a exibição de informações sensíveis com letras grandes" e em "impedir que usuários na fila vejam a tela" são preocupações recorrentes (MOQUILLAZA; PAZ; SAHUA, 2021). Além disso, a própria tarefa de memorizar e manipular senhas alfanuméricas é uma dificuldade conhecida (SILVA, 2013).

Aprofundando a análise, é possível identificar dois fatores sistêmicos que causam essas falhas de usabilidade. O primeiro é o conflito de objetivos entre o provedor do serviço (o banco) e o usuário. Os bancos têm investido em tecnologia da informação não apenas para eficiência, mas para "acrescer o volume de transações" e para a "concepção e incremento de novos produtos" (CARBÓ-VALVERDE; CUADROS-SOLAS; RODRÍGUEZ-FERNÁNDEZ, 2020). Esse objetivo de negócio se traduz diretamente em interfaces mais complexas. O "crescimento nas funcionalidades" (MOQUILLAZA; PAZ; SAHUA, 2021) (como ofertas de empréstimos, seguros, recargas de celular) é inserido nos menus principais, "saturando" (MOQUILLAZA; PAZ; SAHUA, 2021) o usuário com informações e opções que não são pertinentes à sua tarefa primária (como saque ou consulta de saldo). O design, portanto, é otimizado para vendas em detrimento da eficiência da tarefa principal do usuário.

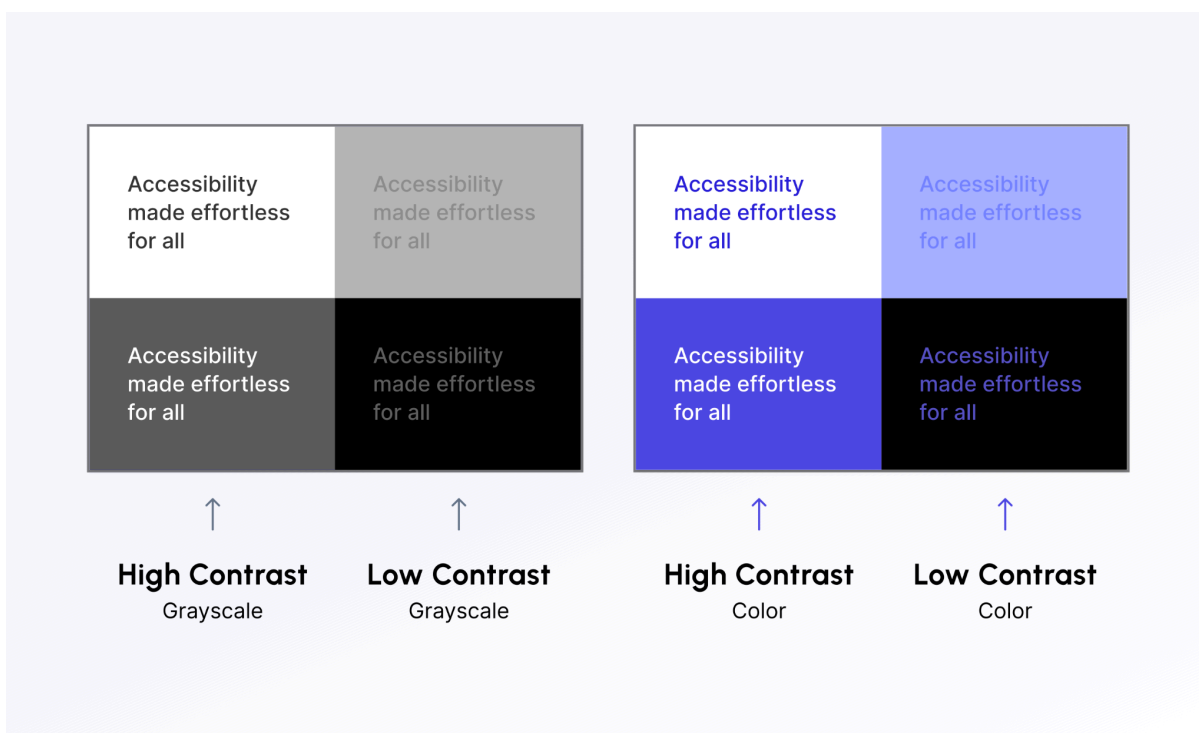
O segundo fator é o "contexto de uso" hostil. A interação com um caixa eletrônico raramente ocorre em um ambiente calmo e privado. Ocorre em agências bancárias ou locais públicos, muitas vezes com "usuários na fila" (MOQUILLAZA; PAZ; SAHUA, 2021). A presença de uma fila adiciona uma imensa pressão temporal e social. O usuário sente que precisa ser rápido para não atrasar os outros, e ao mesmo tempo sente-se vulnerável e observado. Essa pressão social amplifica exponencialmente todos os defeitos de usabilidade mencionados: um menu confuso torna-se mais estressante; a falta de *feedback* gera mais ansiedade; a complexidade da tarefa parece maior. O design do ATM, portanto, falha em não mitigar esse contexto de alta ansiedade.

2.3.3 Questões de usabilidade relacionadas à idosos com Interfaces Gráficas (GUIs)

Após estabelecer os problemas inerentes aos caixas eletrônicos, a análise deve agora se voltar para o usuário. A população idosa possui características e necessidades específicas que impactam sua interação com qualquer sistema digital. O processo natural de envelhecimento acarreta "alterações cognitivas, sensoriais ou físicas" (SOUZA; ROSA, 2012) que devem ser

consideradas no design de interfaces. A falha em acomodar essas mudanças é a principal fonte de exclusão digital.

Figura 8 – Exemplos de contraste de cor e escala de cinza



Fonte: Accessibly App ([s.d.]).

As pesquisas em Interação Humano-Computador (IHC) e Gerontologia identificam um conjunto claro de barreiras que os idosos enfrentam ao interagir com interfaces gráficas de usuário (GUIs) em geral, seja em computadores, smartphones ou terminais de autoatendimento.

Barreiras Sensoriais e Motoras: O impacto mais direto do envelhecimento na interação ocorre nas esferas sensorial (visão) e motora (coordenação) (SOUZA; ROSA, 2012).

Barreiras Visuais: A presbiopia (vista cansada), a redução da sensibilidade ao contraste e a maior sensibilidade ao ofuscamento são comuns. Isso se traduz em dificuldades práticas:

Tamanho e Contraste: Textos com "letras pequenas" e "cores de pouco destaque nos botões de ação" (LARA, 2012) podem se tornar ilegíveis.

Ofuscamento (Brilho): O uso de fundos de página muito brilhantes pode "ofuscar" a visão, tornando o texto (especialmente se for escuro sobre fundo claro) imperceptível. Uma pesquisa com idosos utilizando um Ambiente Virtual de Aprendizagem (AVA) registrou a queixa: "Eu não estou conseguindo visualizar a informação [...] Há muito brilho e está ofuscando minha visão". A recomendação ergonômica para este público é, frequentemente, o inverso do padrão: utilizar letras claras sobre um fundo escuro (MACEDO, 2009).

Barreiras Motoras: A diminuição da coordenação visomotora, acompanhada do aumento de tremores e da perda de precisão dos movimentos finos, pode dificultar o uso de mouses ou a interação com alvos pequenos em telas *touchscreen* (SOUZA; ROSA, 2012).

Barreiras Cognitivas e Navegacionais

Talvez mais significativas, embora menos óbvias, sejam as barreiras cognitivas. O envelhecimento pode estar associado a uma "diminuição da neuroplasticidade" (SCHUHMACHER et al., 2023) e a uma redução na velocidade de processamento e na capacidade da memória de trabalho. Isso não significa incapacidade, mas sim que o sistema deve ser projetado para "minimizar a carga de memória do usuário" (MOQUILLAZA; PAZ; SAHUA, 2021).

Sobrecarga Cognitiva: Interfaces que apresentam muitas informações simultaneamente ou que exigem que o usuário navegue por múltiplas janelas podem ser extremamente problemáticas. Estudos demonstram que idosos "ao abrirem vários links em novas janelas ficavam totalmente desorientados" (MACEDO, 2009). A abertura de janelas secundárias "acarreta em um aumento na carga perceptiva e cognitiva do idoso" (MACEDO, 2009). Esta carga cognitiva desnecessária, e não a tarefa em si, torna-se a principal barreira, levando à confusão e ao abandono.

Barreiras Linguísticas: A usabilidade é profundamente afetada pelo uso de "termos não familiares aos idosos" (LARA, 2012). Jargões tecnológicos, termos bancários complexos (ex: "estornar", "portabilidade", "capitalização") ou metáforas visuais (ícones) que não fazem parte do repertório dessa geração atuam como barreiras intransponíveis.

Tabela 2 – Barreiras de Interação para Idosos em Interfaces Gráficas

Barreiras de Interação para Idosos em Interfaces Gráficas		
Tipo de Barreira	Descrição da Barreira	Exemplo Prático / Impacto
Barreiras Visuais	Relacionadas à presbiopia, redução da sensibilidade ao contraste e maior sensibilidade ao ofuscamento. O uso inadequado de cores e brilho pode tornar a informação imperceptível (SOUZA; ROSA, 2012; MACEDO, 2009).	Fundo de tela muito brilhante (branco puro) que ofusca a visão do usuário, ou textos com fontes pequenas e baixo contraste que se tornam ilegíveis.
Barreiras Motoras	Envolvem a diminuição da coordenação visomotora, aumento de tremores e perda de precisão nos movimentos finos, dificultando a interação física com o dispositivo (SOUZA; ROSA, 2012).	Dificuldade em acertar um botão de "Confirmar" muito pequeno em uma tela touchscreen, ou controlar o cursor do mouse com precisão para clicar em um link específico.
Barreiras Cognitivas e Navegacionais	Associadas à redução da memória de trabalho e velocidade de processamento. O sistema não deve exigir que o usuário memorize muitas informações ou navegue por caminhos complexos (MOQUILLAZA et al., 2021).	Abertura de múltiplas janelas ou abas ao clicar em links, fazendo com que o idoso se sinta desorientado e esqueça o objetivo inicial da tarefa (MACEDO, 2009).
Barreiras Linguísticas	Ocorrem quando a interface utiliza vocabulário técnico, jargões ou metáforas que não fazem parte do repertório cultural e geracional do usuário (LARA, 2012).	Uso de termos bancários complexos como "Estorno" ou "Capitalização" sem explicação clara, ou ícones abstratos (ex: um disquete para salvar) que não comunicam a função.

Fonte: Elaborada pelo autor com base em Souza e Rosa (2012), Macedo (2009) e Moquillaza et al. (2021).

É um erro atribuir as dificuldades de interação apenas a fatores fisiológicos. A literatura aponta que o "nível de conhecimento ou o nível educacional" (LARA, 2012) é um dos fatores de maior influência na interação com a tecnologia, por vezes mais impactante que a própria idade cronológica.

Inevitavelmente, pedem ajuda para outras pessoas, para que realizem atividades bancárias – tanto presenciais (nos caixas eletrônicos) quanto online (em sites ou aplicativos). Um tipo de relação conflituosa, que causa angústia e constrangimento. Esses são os sentimentos que expressam os idosos respondentes (SIMÕES, 2018, pág 104).

A interação com tecnologias mal projetadas tem um custo psicológico significativo. Norman (2018) explica que, diante de dispositivos cuja lógica não é transparente, o usuário tende a experimentar frustração, resistência e a sensação de incapacidade, frequentemente atribuindo a si mesmo a culpa pelo insucesso. Esse processo repercute diretamente na autoestima e na disposição do indivíduo para continuar utilizando a tecnologia.

Portanto, a "resistência" à tecnologia, frequentemente atribuída aos idosos como um traço geracional, não é uma característica intrínseca. É uma resposta racional e aprendida a sistemas que são, de fato, mal projetados para eles. A recusa em usar a tecnologia (CARDOSO, 2017) é, em muitos casos, uma estratégia de autopreservação psicológica para evitar os sentimentos de "angústia" (SIMÕES, 2018) e "constrangimento constante" (SIMÕES, 2018) induzidos pelo design. Quando os idosos percebem que suas necessidades são consideradas, eles demonstram flexibilidade para se integrar ao universo digital (ALVIM; ROCHA; CHARIGLIONE, 2017).

2.3.4 Desafios práticos enfrentados pela população idosa no uso de caixas eletrônicos

A análise das seções 2.3.2 e 2.3.3 estabeleceu dois fatos: (1) os caixas eletrônicos são sistemas com problemas crônicos de usabilidade para o público geral, e (2) a população idosa possui necessidades sensoriais, motoras e cognitivas específicas que são frequentemente ignoradas pelo design de interfaces gráficas. A seção 2.3.4, portanto, analisa a convergência desses dois problemas: a "tempestade perfeita" de interação que ocorre quando o usuário idoso é forçado a usar o design falho do caixa eletrônico. É nesta convergência que os

problemas de usabilidade se transformam em barreiras de acessibilidade e que o inconveniente técnico se torna "sofrimento psíquico" (MAZZONI; TORRES, 2008).

A automação bancária força o idoso, que já tem dificuldade com "letras pequenas" (LARA, 2012) e "termos não familiares" (LARA, 2012), a usar um sistema que já "satura" o usuário com informações (MOQUILLAZA; PAZ; SAHUA, 2021) e opera em um "contexto de uso" hostil de pressão social. O resultado, documentado em pesquisas de campo, é alarmante.

Estudos que avaliaram a interação de idosos com caixas de autoatendimento (CAA) no Brasil concluíram que "prevalecem os estados de intranquilidade entre os usuários idosos" e que esses usuários estão "expostos a uma grande carga psíquica" (MAZZONI; TORRES, 2008) Esta não é uma mera frustração; é descrita como "sofrimento psíquico" (MAZZONI; TORRES, 2008).

Esses sentimentos são corroborados por outras pesquisas que identificam "angústia e constrangimento" e um "medo de errar" que pode ser paralisante. Os idosos expressam "insegurança e desconfiança" (SIMÕES, 2018) em relação aos serviços digitais, com medo de cometer um erro que possa prejudicá-los financeiramente (SIMÕES, 2018).

Quando as necessidades específicas dos idosos colidem com o design dos ATMs, algumas barreiras tornam-se críticas:

O Tempo como Barreira: Talvez a barreira mais cruel e a mais citada seja o "tempo curto da passagem das telas" (CASTRO, 2018). O design do ATM impõe um cronômetro para cada ação. Esta decisão de design penaliza diretamente o idoso, que necessita de mais tempo para processar as informações devido à "carga cognitiva" (MACEDO, 2009) e para realizar a ação motora, em função da redução da coordenação visomotora característica do envelhecimento (SOUZA; ROSA, 2012).

Linguagem e Navegação: A combinação de "termos não familiares" (LARA, 2012) com a "saturação" de informações (MOQUILLAZA; PAZ; SAHUA, 2021) (ofertas de empréstimos, etc.) torna a navegação um labirinto. Estudos com protótipos de papel identificaram que os "posicionamentos de alguns itens não são satisfatórios" (CASTRO, 2018) para os idosos, indicando que a arquitetura da informação não segue o modelo mental deste usuário.

A Falha da Autonomia como Resultado Final: O resultado líquido dessas barreiras é a falha total da "autonomia", o pilar central da acessibilidade. A interação torna-se tão

complexa ou estressante que o idoso desiste de tentar sozinho. Estudos (SIMÕES, 2018) e dissertações (ALENCAR FILHO, 2019) confirmam a necessidade de auxílio pessoal para realizar a operação.

Um estudo brasileiro quantificou esta falha: 47% dos idosos pesquisados afirmaram que continuam utilizando os caixas eletrônicos sempre com o auxílio dos funcionários dos bancos. O mesmo estudo notou que apenas 38% haviam recebido qualquer tipo de treinamento, e apenas 15% buscaram ativamente aprender com a família. Isso demonstra que a falta de domínio das TDICs (Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação) não é superada, e a dependência se torna a norma (ALENCAR FILHO, 2019).

Como estratégia de enfrentamento, os idosos desenvolvem comportamentos de evitação. Eles passam a preferir realizar procedimentos “em agências físicas” (SIMÕES, 2018) ou no caixa interno, rejeitando o terminal de autoatendimento. Isso configura um quadro claro de “exclusão digital e bancária”(ALENCAR FILHO, 2019; CARDOSO, 2017), onde a incapacidade de usar a tecnologia imposta impede a plena participação social e financeira (ALENCAR FILHO, 2019).

Diante desse cenário, a questão normativa se torna premente. No campo do design de interação, Reis (2022, cap. 9) explica que as diretrizes tradicionais de acessibilidade voltadas para dispositivos e sistemas digitais concentram-se quase exclusivamente nas dimensões física e sensorial, deixando de lado aspectos cognitivos e emocionais da interação.

Uma análise desses requisitos de acessibilidade (REIS, 2022, cap. 9) revela um foco claro e necessário em barreiras físicas e sensoriais:

Acessibilidade Física (Mobilidade): Reis (2022, cap. 9) descreve que muitos padrões priorizam parâmetros como área de alcance, altura do equipamento e espaço de aproximação, garantindo que usuários com limitações motoras possam alcançar e manipular os dispositivos.

Figura 9 – Teclado de caixa eletrônico (ATM)



Fonte: Public Domain Pictures ([s.d.]).

Acessibilidade Sensorial (Visual/Tátil): De maneira semelhante, as recomendações tradicionais enfatizam itens como sinalização tátil, teclas em relevo, contraste de cores e diferenciação cromática de botões, elementos essenciais para navegação básica e identificação de comandos (REIS, 2022, cap. 9).

Acessibilidade Sensorial (Auditiva): Também é comum que tais diretrizes incluam a exigência de equivalentes auditivos para conteúdos visuais, como mensagens sonoras ou leitura sintetizada de textos (REIS, 2022, cap. 9).

O ponto crucial, no entanto, é o que esses padrões não abrangem. Reis (2022, cap. 9) é enfático ao afirmar que as recomendações tradicionais ignoram sistematicamente as barreiras cognitivas e temporais enfrentadas pelos usuários reais, especialmente idosos. Não há diretrizes sobre:

- carga cognitiva;
- clareza da linguagem;
- limitação de opções por tela;
- tempo necessário para compreensão;
- impacto emocional do contexto de uso.

Isso cria um perigoso "vácuo normativo". Um banco pode projetar um caixa eletrônico que esteja em 100% de conformidade com a NBR 15250 (ABNT, 2005) com a altura correta, o teclado tátil e o fone de ouvido e, ainda assim, esse mesmo terminal ser completamente

inacessível para um idoso, due a um menu labiríntico, termos técnicos e um cronômetro de 15 segundos por tela. (REIS, 2022, cap. 9)

Este vácuo normativo leva ao paradoxo mais crítico do design de caixas eletrônicos. O "tempo curto da passagem das telas" (CASTRO, 2018), definido como *Timeout*, não é um acidente; é uma decisão de design (um *timeout*) implementada como uma medida de segurança, para impedir que um usuário abandone uma sessão ativa e outro a utilize.

Contudo, como analisado, esta medida de segurança é, ironicamente, a principal barreira de acessibilidade cognitiva para o idoso (CASTRO, 2018). A falta de diretrizes que contemplem tempo de processamento, clareza da informação e redução de carga cognitiva faz com que sistemas tecnicamente “acessíveis” não sejam utilizáveis na prática (REIS, 2022, cap. 17).

Nesse momento, a autonomia é destruída. E, de forma paradoxal, a segurança também o é. Ao pedir ajuda, o idoso é frequentemente compelido a revelar sua senha e informações financeiras para um funcionário ou, na pior das hipóteses, para um estranho na fila.

Portanto, a medida de design (o *timeout*) criada para aumentar a segurança do sistema, na prática, força o usuário idoso a um comportamento (compartilhar a senha) que elimina completamente sua segurança e privacidade. Este é o paradoxo central e a falha de design mais grave dos caixas eletrônicos atuais.

O objetivo geral do Trabalho de Conclusão de Curso I foi investigar, por meio da fundamentação teórica, as principais barreiras de usabilidade e acessibilidade enfrentadas por usuários idosos em caixas de autoatendimento. Esse objetivo foi alcançado, uma vez que a revisão da literatura permitiu compreender como limitações cognitivas, sensoriais e emocionais se chocam com o design atual dos sistemas bancários.

Os objetivos específicos também foram atendidos dentro do escopo desta primeira etapa do trabalho:

- (a) identificaram-se as barreiras mais recorrentes nos estudos acadêmicos;
- (b) analisaram-se criticamente os fatores de design que ampliam a carga cognitiva do idoso;
- (c) definiram-se requisitos conceituais que orientou o desenvolvimento do protótipo no TCC II.

Este TCC I não apresentou limitações metodológicas que prejudicassem sua execução. Entretanto, possui delimitações intencionais, próprias da estrutura da disciplina. Nesta fase, o

trabalho concentrou-se exclusivamente na revisão teórica, na identificação do problema, no levantamento de barreiras de usabilidade e na definição dos requisitos de design.

A etapa aplicada, incluindo a criação do protótipo, os testes de usabilidade e a avaliação prática da proposta, foi desenvolvida no TCC II.

Como desdobramento natural desta investigação, o TCC II deu continuidade ao processo ao desenvolver o protótipo de interface padronizada para caixas de autoatendimento e aplicar testes de usabilidade com idosos. Essa nova etapa permitirá validar empiricamente as hipóteses apresentadas neste trabalho, mensurar melhorias cognitivas e identificar ajustes necessários para uma proposta final de interface mais acessível e inclusiva.

3 DESENVOLVIMENTO DE SOLUÇÃO DIGITAL

Este capítulo descreve o percurso metodológico adotado para conceber, desenvolver e avaliar a solução proposta na pesquisa e, ao mesmo tempo, relata a sua execução prática. O objetivo é explicar não apenas quais abordagens, técnicas e instrumentos foram empregados em cada etapa, e por que cada escolha foi feita, mas também o que resultou da aplicação desses métodos junto aos usuários idosos. O percurso conecta a base teórica construída no TCC I, que evidenciou o conflito entre o envelhecimento da população, o fechamento de agências e os problemas crônicos de usabilidade dos caixas, ao trabalho prático de levantamento de requisitos, prototipação e validação desenvolvido no TCC II.

A condução do trabalho seguiu a filosofia do Design Centrado no Usuário (DCU) e organizou-se segundo o framework Double Diamond (Duplo Diamante), conforme detalhado nas seções a seguir. O texto acompanha cada uma das quatro fases do modelo: primeiro, apresenta a imersão no problema, com o alinhamento de conhecimento e a coleta de dados junto aos usuários idosos; depois, descreve como esses dados foram organizados e transformados em requisitos; em seguida, detalha a fase de desenvolvimento, que incluiu a análise das interfaces atuais, a prototipação e um teste comparativo; por fim, relata a entrega do protótipo de alta fidelidade e os instrumentos usados para avaliá-lo.

3.1 Caracterização da pesquisa

Para alcançar os objetivos propostos e verificar a hipótese do trabalho, a pesquisa assume natureza aplicada e adota uma abordagem mista, que combina dados qualitativos e quantitativos, conforme a classificação de Creswell (2010). A escolha por uma pesquisa aplicada se justifica porque o estudo não pretende apenas diagnosticar um problema, mas propor e testar uma solução concreta. Já a abordagem mista é adequada porque parte do problema exige compreender percepções e sentimentos dos usuários, de caráter qualitativo, enquanto a avaliação final do protótipo exige medidas objetivas, de caráter quantitativo.

O percurso foi organizado em três etapas complementares. A primeira é o levantamento de requisitos e a exploração, de natureza qualitativa, voltada a compreender a experiência do usuário idoso por meio de pesquisa de campo e de revisão da literatura. A segunda é a etapa projetual, em que os requisitos identificados orientam a construção dos protótipos da nova interface. A terceira é a validação, de caráter misto, na qual a proposta é submetida a testes de usabilidade com métricas padronizadas, de modo a avaliar a redução da carga cognitiva e o ganho de autonomia.

3.2 Fundamentação de design e o framework Double Diamond

Para conferir consistência ao desenvolvimento, a pesquisa apoia-se nos princípios do Design Centrado no Usuário (DCU). Trata-se de uma filosofia de projeto que coloca as necessidades, as capacidades e os limites do ser humano como condutores de todo o processo, e não como um detalhe a ser ajustado ao final (NORMAN, 2018). Esse cuidado é especialmente relevante quando o público é a pessoa idosa, pois o envelhecimento envolve declínios na visão, na coordenação motora fina e na velocidade de processamento cognitivo, que precisam ser considerados desde o início do projeto (CYBIS; BETIOL; FAUST, 2015).

Para operacionalizar o DCU, adotou-se o framework Double Diamond (Duplo Diamante), proposto pelo Design Council (2005). Esse modelo organiza o processo de design em quatro fases, agrupadas em dois grandes momentos, ou “diamantes”. No primeiro diamante, que trata do problema, ficam as fases Descobrir (Discover) e Definir (Define). No segundo, que trata da solução, ficam as fases Desenvolver (Develop) e Entregar (Deliver). O modelo se baseia na alternância entre o pensamento divergente, em que se amplia o leque de informações e ideias, e o pensamento convergente, em que se faz a síntese e a tomada de decisão (DESIGN COUNCIL, 2005).

Como princípio norteador, adotou-se a premissa de concentrar a maior parte do esforço na exploração e na definição precisa do problema do usuário, reservando uma parcela menor ao refinamento visual e ao desenvolvimento do protótipo. Essa orientação reforça a ideia, central no DCU, de que entender bem o problema é mais determinante para o sucesso da solução do que a aparência da interface (NORMAN, 2018).

Figura 10 – Estrutura do Double Diamond aplicada à pesquisa



Fonte: Elaborada pelo autor com base em Design Council (2005).

3.3 Procedimentos da fase de problema: descobrir e definir

A primeira fase do Duplo Diamante é a Descoberta (Discover). Segundo o Design Council (2005), ela corresponde ao primeiro movimento de pensamento divergente do modelo, em que a equipe não busca soluções, mas amplia o entendimento sobre o problema, observando o contexto real e reunindo o maior número possível de informações sobre as pessoas afetadas. Essa lógica converge com o princípio do Design Centrado no Usuário de que toda decisão de projeto deve nascer da compreensão das necessidades, dos limites e das expectativas reais do usuário, e não de suposições do projetista (NORMAN, 2018). No presente trabalho, o propósito desta etapa foi investigar a raiz do “sofrimento psíquico” relatado por usuários idosos na interação com caixas de autoatendimento (MAZZONI; TORRES, 2008), mapeando as falhas de usabilidade que limitam sua autonomia e ancorando as decisões em dados reais.

3.3.1 Alinhamento com a matriz CSD

A fase de Descoberta começou com a aplicação da Matriz CSD, técnica que organiza o conhecimento prévio da equipe em três campos: Certezas, Suposições e Dúvidas. Sua função é separar aquilo que já se considera fato estabelecido daquilo que ainda é incerto, de modo a evitar que o projeto parta de premissas não verificadas. Na prática, a matriz permitiu distinguir o que a literatura e as normas já asseguravam, como os parâmetros de acessibilidade física previstos na ABNT NBR 15250 (ABNT, 2005), daquilo que precisava ser investigado em campo, sobretudo os aspectos cognitivos e emocionais da interação.

No campo das Certezas, consolidou-se que o envelhecimento traz declínios sensoriais, principalmente na visão, e motores, que afetam diretamente o uso de interfaces gráficas (CYBIS; BETIOL; FAUST, 2015; SOUZA; ROSA, 2012). No campo das Suposições, partiu-se da hipótese de que o vocabulário técnico usado pelos bancos seria a principal barreira de compreensão, uma vez que a literatura aponta que termos não familiares dificultam a interação do idoso com a tecnologia (LARA, 2012). Por fim, as Dúvidas reuniram aquilo que a equipe ainda não sabia e que só a pesquisa de campo poderia esclarecer: quais eram os gatilhos emocionais da ansiedade durante o uso e de que forma os idosos prefeririam receber as informações de retorno do sistema. Foram justamente essas dúvidas que orientaram a construção do roteiro de entrevistas.

Figura 11 – Matriz CSD (Certezas, Suposições e Dúvidas).



Fonte: Elaborada pelo autor (2026).

3.3.2 Entrevistas semiestruturadas

Para investigar as dúvidas mapeadas, escolheu-se a entrevista semiestruturada como instrumento de coleta. Esse formato combina um roteiro de perguntas previamente definidas com a liberdade de explorar temas que surgem durante a conversa, o que é adequado para captar não apenas dificuldades operacionais, mas também os sentimentos ligados ao uso, como a ansiedade gerada pelas filas e a sensação de dependência (SIMÕES, 2018). O roteiro foi elaborado com perguntas abertas, voltadas tanto às dificuldades de visão e de toque quanto à pressão do tempo e à insegurança.

Os critérios de seleção dos participantes priorizaram a diversidade. Foram entrevistadas pessoas na faixa dos 60 aos 62 anos, pertencentes ao grupo da terceira idade segundo o Estatuto da Pessoa Idosa (BRASIL, 2003), com diferentes graus de escolaridade e de familiaridade com a tecnologia, indo do ensino médio ao ensino superior em áreas de exatas. Essa variedade teve um motivo metodológico: garantir que as dificuldades observadas fossem falhas reais das interfaces, e não apenas consequência de baixa escolaridade, fator que a literatura também associa à dificuldade de uso (LARA, 2012). Por questões éticas, as identidades dos participantes foram preservadas, e eles são identificados ao longo do texto como P1, P2, P3 e P4. O grupo entrevistado reuniu quatro pessoas idosas, com idades entre 60 e 62 anos. P1, com 60 anos, e P3, com 61 anos, possuíam escolaridade até o ensino médio e relataram baixa familiaridade com tecnologia, recorrendo frequentemente a auxílio de terceiros para tarefas digitais. P2 e P4, com 62 anos, possuíam formação em nível superior em áreas de exatas, com P2 atuando na área de engenharia, e relataram maior autonomia no uso de dispositivos digitais no cotidiano. Essa diversidade de perfis permitiu observar se as dificuldades relatadas decorriam de falhas reais na interface, e não apenas do menor contato prévio com tecnologia.

Os relatos confirmaram um quadro de interação marcado por ansiedade. A pressão do tempo, agravada pelo contexto público das filas, apareceu de forma recorrente. A participante P3 (61 anos) afirmou que fica “agoniada porque eu fico achando que eu tô demorando”, e o participante P4 (62 anos) disse que precisa ser rápido “para desocupar, para poder dar a vez pra pessoa que tá atrás”. Esses depoimentos mostram que o ritmo imposto pela máquina nem sempre respeita o tempo de leitura e de decisão do idoso.

A insegurança diante das telas sensíveis ao toque também ficou evidente. O participante P1 (60 anos) relatou que esse tipo de tela lhe dá um “medo ainda maior, porque tipo assim, pronto, já fiz aquilo, já foi”, o que revela o receio de cometer uma ação irreversível por falta de retorno claro do sistema. Como consequência direta dessa insegurança, surgiu a dependência de terceiros, situação que contraria o próprio objetivo do autoatendimento. A participante P3 resumiu esse comportamento ao dizer “eu de vez em quando eu enganho, aí peço ajuda mesmo”. Esse achado está alinhado ao estudo de Alencar Filho (2019), que identificou que parcela expressiva dos idosos só consegue usar o caixa eletrônico com auxílio de funcionários.

Um dado merece atenção especial. O participante P2, que possui formação em engenharia, descreveu o sistema atual como “autoexplicativo”. Essa percepção, oposta à dos demais, ajuda a sustentar a tese de Norman (2018) de que as interfaces são projetadas a partir do modelo mental de quem já domina a tecnologia, tornando-se inacessíveis para quem não possui essa fluência. Em conjunto, os depoimentos forneceram a matéria-prima para a fase seguinte, na qual os dados foram organizados e interpretados.

3.4 Fase de definição (Define): modelagem do problema

A segunda fase é a Definição (Define), que, no Duplo Diamante, corresponde ao primeiro movimento de convergência. De acordo com o Design Council (2005), nesse momento o grande volume de informações reunido na Descoberta é filtrado, organizado e sintetizado, de modo a transformar uma área de interesse ampla em um problema de projeto claramente delimitado. Trata-se, portanto, de dar sentido às descobertas e de decidir, entre todas as questões observadas, quais serão de fato endereçadas pela solução. No contexto desta pesquisa, o objetivo foi converter os depoimentos subjetivos dos idosos em diretrizes objetivas de design e de engenharia.

3.4.1 Diagrama de afinidades e categorização

Para dar tratamento sistemático ao grande volume de relatos coletados nas entrevistas, aplicou-se o Diagrama de Afinidades, técnica que marca a passagem para a fase de Definição. Nessa técnica, cada trecho relevante das falas é transcrito em um cartão, e os cartões são agrupados por semelhança de tema. A vantagem desse método é que as categorias de problemas surgem dos próprios dados, e não de uma classificação imposta previamente, o que confere mais consistência à interpretação e serve de ponte entre os depoimentos, de caráter subjetivo, e a definição objetiva do problema de design.

- Desse processo emergiram cinco categorias que resumem as barreiras de interação observadas nos caixas de autoatendimento:
- Pressão Social e Temporal: a agonia provocada pelo cronômetro de sessão da máquina, conhecido como *timeout*, somada à pressão das pessoas que aguardam na fila;
- Dependência de Validação Humana: a falta de retorno constante obriga o idoso a buscar a confirmação de funcionários ou de terceiros para ter certeza de que uma operação foi concluída;
- Insegurança Tátil: o medo de executar comandos irreversíveis nas telas sensíveis ao toque, sem mecanismos claros para desfazer uma ação;
- Barreiras Semânticas: o uso de um vocabulário bancário pouco acessível. A participante P1 ilustrou esse ponto ao comentar a palavra “estorno”: “a palavra já me assusta, se eu tô estornando é porque eu fiz algo errado”;
- Falta de Humanização: a necessidade de interfaces que se aproximem de uma conversa, em oposição aos menus hierárquicos e secos das máquinas atuais.

Figura 12 – Diagrama de afinidade das barreiras de interação em CAAs

Diagrama de Afinidades



Fonte: Elaborada pelo autor (2026).

3.4.2 Matriz de requisitos funcionais

Com o problema delimitado pelo Diagrama de Afinidades, as necessidades dos usuários foram traduzidas em Requisitos Funcionais, ou seja, em especificações do que o sistema deve fazer. Na Engenharia de Software, um Requisito Funcional descreve uma função ou um comportamento que o sistema deve oferecer para atender a uma necessidade do usuário (PRESSMAN, 2014). Essa tradução seguiu as práticas de Engenharia de Requisitos descritas por Pressman (2014), com atenção especial à rastreabilidade, que é a propriedade que permite acompanhar cada requisito desde a sua origem, neste caso, uma dor concreta relatada nas entrevistas, até a sua implementação na interface.

Foi esse vínculo explícito entre cada função projetada e a dor de usuário que a justifica que orientou a construção da matriz de requisitos. A rastreabilidade garante que nenhuma função seja incluída sem justificativa e que nenhuma dor relevante fique sem resposta (PRESSMAN, 2014). Dessa forma, cada uma das cinco categorias de dor identificadas no Diagrama de Afinidades deu origem a um Requisito Funcional (RF) correspondente, conforme descrito na Tabela 3.

Tabela 3 – Matriz de Requisitos Funcionais

Código	Nome do Requisito	Descrição Técnica do Comportamento do Sistema
RF01	Tempo Adaptativo	O sistema tem que adaptar o tempo de sessão (timeout), permitindo que as informações fiquem na tela por mais tempo para acompanhar o ritmo de leitura e compreensão do usuário idoso.
RF02	Validação e <i>Feedback</i>	O sistema tem que fornecer <i>feedbacks</i> de confirmação claros (visuais e sonoros) a cada passo e ao final da operação, garantindo que o usuário saiba que a ação foi concluída com sucesso sem precisar perguntar a terceiros.
RF03	Linguagem Simplificada	O sistema tem que apresentar instruções utilizando uma linguagem acessível, simplificada e livre de jargões técnicos bancários, além de utilizar ícones limpos, objetivos e diretos.
RF04	Touch Screen e Visão	O sistema tem que permitir alta tolerância a erros na interação com a tela touch screen, oferecendo a opção de desfazer comandos facilmente ou retornar à “casinha” (tela inicial). Além disso, o sistema tem que apresentar interface de alto contraste com tamanhos de fontes e botões adequados à visão do idoso.
RF05	Humanização da Interação	O sistema tem que permitir uma interação guiada com suporte em áudio (estilo conversa de “drive-thru”) ou incorporar o uso de um assistente/rosto humano virtual que se comunique com o usuário durante as etapas.

Fonte: Elaborada pelo autor (2026).

3.5 O espaço da solução: fase de desenvolvimento (*develop*)

A terceira fase, Desenvolvimento (*Develop*), abre o segundo diamante e marca o retorno ao pensamento divergente, agora voltado para a geração de soluções (DESIGN COUNCIL, 2005). É a etapa em que ideias são criadas, prototipadas e testadas de forma iterativa, de modo que a construção e o teste de protótipos passam a ser o principal meio de produzir conhecimento sobre a interface. Esse caráter experimental dialoga com a recomendação de Norman (2018) de submeter as soluções a usuários reais o quanto antes, tratando cada protótipo como uma hipótese a ser verificada, e não como um produto acabado.

3.5.1 Avaliação heurística e benchmarking

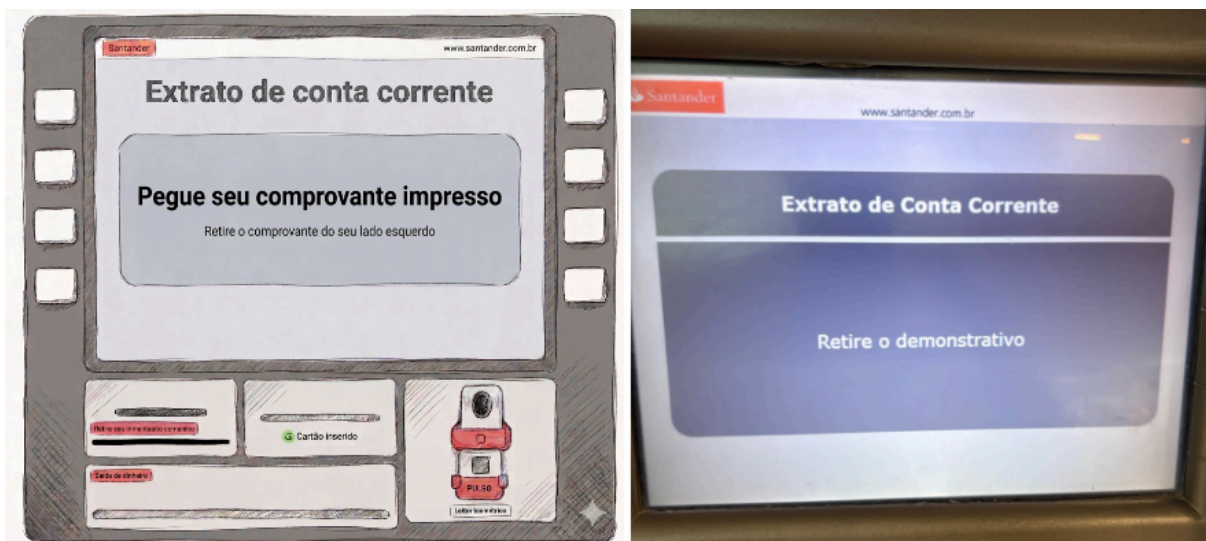
O desenvolvimento iniciou-se com um benchmarking, que é a análise comparativa de uma interface real já existente, combinada com uma avaliação heurística, método de inspeção em que especialistas examinam a interface à luz de um conjunto de princípios consagrados de usabilidade, as heurísticas (NIELSEN, 1993). O objeto de análise foi o sistema do Banco Santander em operação nos terminais da rede Banco24Horas, escolhido por ser uma das interfaces de autoatendimento mais difundidas e, portanto, representativa do padrão de mercado. A finalidade do exame foi verificar, em um caso concreto, se as falhas que os requisitos pretendiam corrigir realmente se manifestavam, tomando como referência tanto as heurísticas de Nielsen (1993) quanto os princípios de design de Norman (2018). O acesso a essa interface não ocorreu por meio de uma parceria formal com a instituição. Antes da análise, foi feito contato com a equipe responsável pela rede Banco24Horas, com a devida identificação como aluno de graduação e a explicitação da finalidade acadêmica da solicitação. A equipe, no entanto, não respondeu à solicitação e, em contato posterior, informou que não dispunha das telas e dos fluxos da interface para disponibilizar. Diante dessa limitação, optou-se por realizar a coleta diretamente em um terminal de autoatendimento de acesso público, no qual o próprio cartão do pesquisador foi inserido para reproduzir as operações de interesse, fotografando cada uma das telas percorridas durante o uso real do sistema.

A primeira falha identificada foi de linguagem. Ao final da operação de extrato, a máquina exibia a mensagem “Retire o demonstrativo”. O termo “demonstrativo” é um jargão bancário que substitui palavras mais cotidianas, como “papel” ou “comprovante”, e exige do idoso um esforço de tradução mental. Essa falha viola a heurística da correspondência entre o sistema e o mundo real, que recomenda usar a linguagem do próprio usuário (NIELSEN, 1993; LARA, 2012). A conclusão foi a de que o problema validava a barreira semântica relatada nas entrevistas e justificava o RF03.

A segunda falha foi de retorno. Durante o processamento, a interface apresentava uma tela estática com a palavra “Aguarde”, sem qualquer indicação de progresso ou resposta sonora. Essa ausência de *feedback* deixa o usuário sem saber se a máquina travou ou se o comando foi aceito, ferindo a heurística da visibilidade do status do sistema e aumentando a ansiedade descrita por Norman (2018) e por Moquillaza, Paz e Sahuja (2021). A conclusão foi a de que esse vácuo de informação comprovava a dependência de validação humana e tornava o RF02 indispensável.

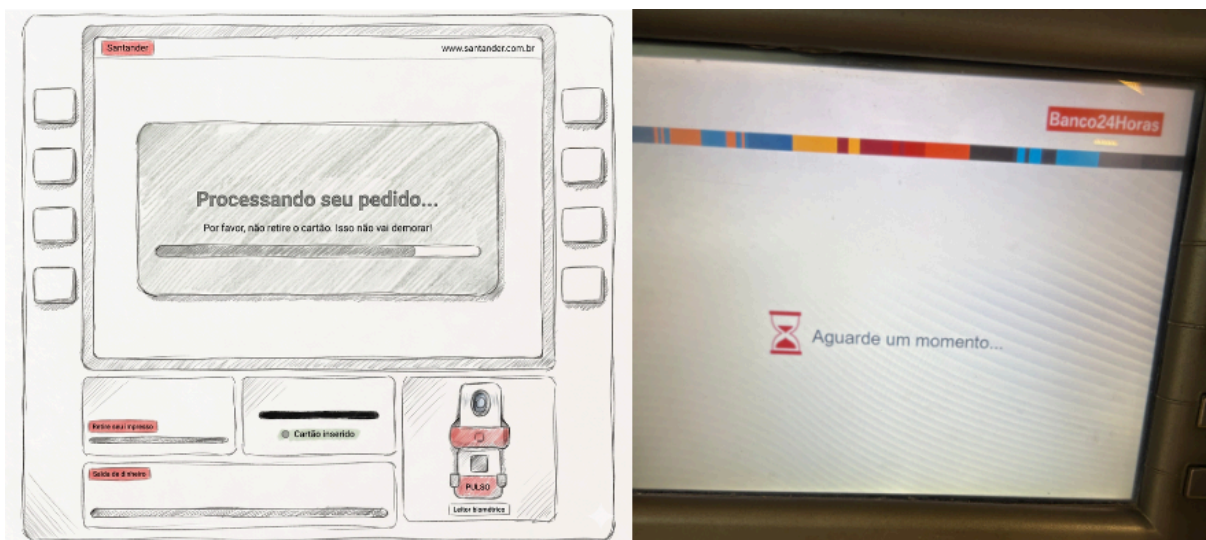
A terceira falha foi visual. Na tela em que o sistema perguntava se o usuário desejava realizar outra operação, os botões “Sim” e “Não” apareciam em tons de cinza sobre um fundo também cinza. Esse baixo contraste dificulta a leitura e a identificação das áreas de toque, ignorando a perda de sensibilidade visual típica do envelhecimento (SOUZA; ROSA, 2012). A conclusão foi a de que a interface deveria abandonar a paleta monocromática nas áreas de decisão e adotar cores de alto contraste, como o verde e o vermelho, fundamentando o RF04. Em síntese, o benchmarking confirmou, em um caso real, as três falhas previstas, validando empiricamente as dores levantadas em campo e ancorando os requisitos RF02, RF03 e RF04 em evidências concretas. As Figuras 13 a 15 comparam cada falha da interface atual com a alternativa proposta.

Figura 13 – Comparação entre a interface atual e a proposta: falha de linguagem



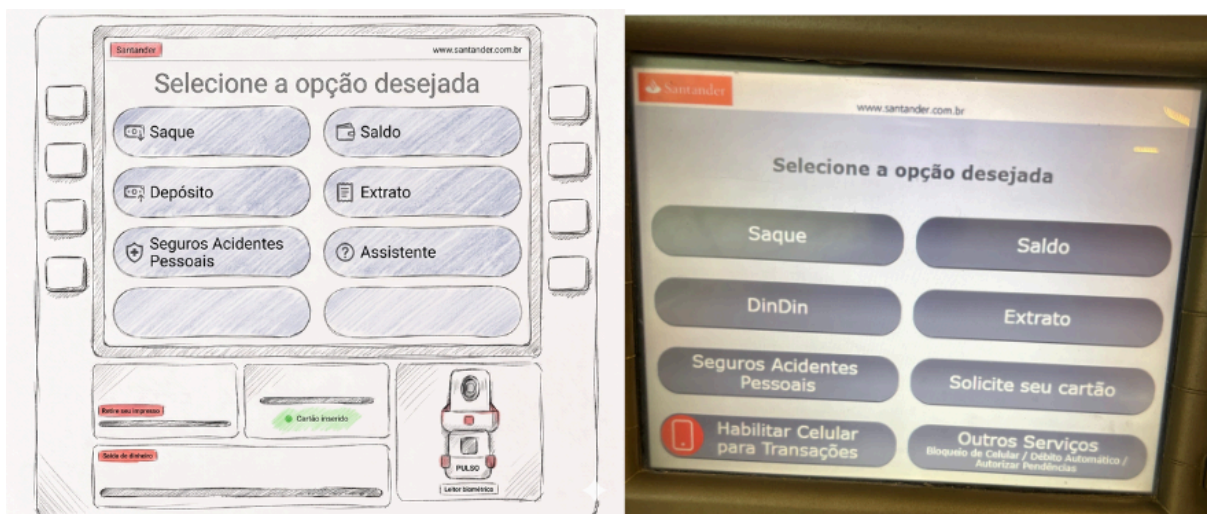
Fonte: Elaborada pelo autor (2026). A tela proposta (à esquerda) foi gerada com auxílio de inteligência artificial generativa; a fotografia (à direita) é de um terminal da rede Banco24Horas, registrada pelo autor.

Figura 14 – Comparação entre a interface atual e a proposta: falha de *feedback*



Fonte: Elaborada pelo autor (2026). A tela proposta (à esquerda) foi gerada com auxílio de inteligência artificial generativa; a fotografia (à direita) é de um terminal da rede Banco24Horas, registrada pelo autor.

Figura 15 – Comparação entre a interface atual e a proposta: falha de contraste e de menu



Fonte: Elaborada pelo autor (2026). A tela proposta (à esquerda) foi gerada com auxílio de inteligência artificial generativa; a fotografia (à direita) é de um terminal da rede Banco24Horas, registrada pelo autor.

3.5.2 Definição do MVP e arquitetura da informação

Diante da complexidade do sistema, foi necessário definir o escopo do que seria efetivamente prototipado. Para isso, utilizou-se uma matriz de priorização do tipo Impacto versus Esforço, em que o impacto foi medido pela capacidade de reduzir a carga cognitiva do usuário e o esforço pela complexidade de implementação da interface. A partir dessa análise, definiu-se o Produto Mínimo Viável (MVP), termo que designa a versão inicial de um produto, contendo apenas as funções essenciais.

A aplicação da matriz revelou que as operações do cotidiano bancário (saque, depósito e consulta de saldo e extrato) combinavam alto impacto, por serem as mais frequentes e críticas para a autonomia do idoso, com um esforço de implementação viável. Por isso, foram selecionadas para compor o MVP, ao lado do assistente virtual, responsável por atender ao RF05 (Humanização da Interação). Em contrapartida, operações menos frequentes ou de maior complexidade, como transferências e pagamentos de contas, foram deliberadamente mantidas fora desta primeira versão, de modo a concentrar o esforço de projeto nas tarefas em que a redução da carga cognitiva traria o maior ganho de autonomia.

Definido o escopo, a arquitetura da informação foi modelada por meio de Fluxos de Tarefa, que descrevem a sequência de passos necessária para concluir cada operação. Esses fluxos foram estruturados de forma linear, reduzindo o número de decisões que o usuário precisa tomar ao mesmo tempo, em resposta à sobrecarga cognitiva apontada na literatura (MACEDO, 2009).

3.5.3 Avaliação formativa: rabiscoframes, teste A/B e incidente crítico

Com os fluxos definidos, aplicou-se a técnica de Rabiscoframe, que é um esboço de baixa fidelidade da interface, desenhado à mão. Por ser rápido e descartável, o rabiscoframe permite avaliar a hierarquia das informações e o tamanho dos elementos antes de investir tempo na construção visual digital. Os rabiscoframes elaborados para as operações de saque, depósito e consulta são apresentados na Figuras 13, 14 e 15.

Esses esboços foram submetidos a uma avaliação formativa, isto é, um teste preliminar realizado durante o desenvolvimento, com o propósito de identificar problemas enquanto a solução ainda pode ser ajustada com facilidade. Para analisar o comportamento dos participantes nesse teste, adotou-se a Técnica do Incidente Crítico (TIC), que consiste em isolar e registrar momentos específicos de dificuldade, como pausas longas de hesitação, confusões verbalizadas ou toques repetidos fora das áreas interativas. A categorização desses incidentes gerou as informações necessárias para refinar o fluxo da interface antes da etapa final.

Um dos incidentes mais relevantes surgiu durante a estruturação dos rabiscoframes: os participantes tinham dificuldade em localizar, no terminal físico, onde retirar o cartão, as notas e o comprovante. Para responder a essa questão e avaliar o RF02, realizou-se um Teste A/B, método em que duas versões de uma mesma tela são comparadas para verificar qual delas funciona melhor. A Versão A reproduzia o padrão do mercado, com apenas um texto genérico, como “Aguarde”. A Versão B trazia ilustrações no rodapé da tela indicando os componentes físicos da máquina, acompanhadas de um texto tranquilizador, como “por favor, não retire o cartão, isso não vai demorar”.

Os participantes preferiram a Versão B de forma consistente. Quando questionados sobre qual tela os ajudava a se orientar na hora de retirar o comprovante, a maioria escolheu a interface ilustrada, e a opção de texto “Pegue seu comprovante impresso” foi preferida ao jargão “Retire o demonstrativo”, o que confirmou o acerto do RF03. Os relatos ajudam a entender o motivo: um participante afirmou que a ilustração “me deu muita segurança saber exatamente onde olhar”, e outro observou que “os ícones orientam as ações de forma mais objetiva”. Esses resultados confirmam, na prática, o princípio dos Bons Mapeamentos defendido por Norman (2018): a interface digital passou a refletir a disposição física dos componentes do caixa, reduzindo o esforço de tradução que antes recaía sobre o usuário. A análise detalhada do Teste A/B é retomada no Capítulo 4.

3.6 Fase de entrega (deliver): prototipagem avançada e validação

A quarta e última fase é a Entrega (Deliver), o segundo movimento de convergência do modelo. Para o Design Council (2005), é nela que a solução é refinada, testada em sua versão final e, então, finalizada. Em projetos de Design Centrado no Usuário, essa etapa concentra a validação com usuários reais, que verifica se as decisões tomadas ao longo do processo de fato reduziram as barreiras identificadas (NORMAN, 2018). Neste trabalho, a fase consistiu em transformar os rabiscoframes validados em um protótipo de alta fidelidade e submetê-lo a uma avaliação criteriosa, voltada às operações de saque, depósito e consulta de saldo e extrato.

3.6.1 O protótipo de alta fidelidade com apoio de inteligência artificial

O protótipo de alta fidelidade foi construído de modo a reproduzir o ambiente de uma tela sensível ao toque de um caixa eletrônico. Em etapas específicas de refinamento, foram empregadas como apoio duas ferramentas de Inteligência Artificial generativa: o Codex e o Claude. O uso das duas ferramentas seguiu um procedimento semelhante: a partir das fotografias das telas reais coletadas no terminal do Banco24Horas (seção 3.5.1), solicitou-se à IA generativa uma reconstrução digital dessas telas, replicando a estrutura observada no terminal físico. As versões geradas foram então ajustadas manualmente, com base no conhecimento do autor em design e em computação, de modo a torná-las mais intuitivas e a viabilizar seu funcionamento como um simulador interativo. O Codex foi empregado principalmente na geração e na codificação das telas do protótipo, enquanto o Claude apoiou a estruturação do modelo de linguagem usado na simulação do assistente virtual e auxiliou no

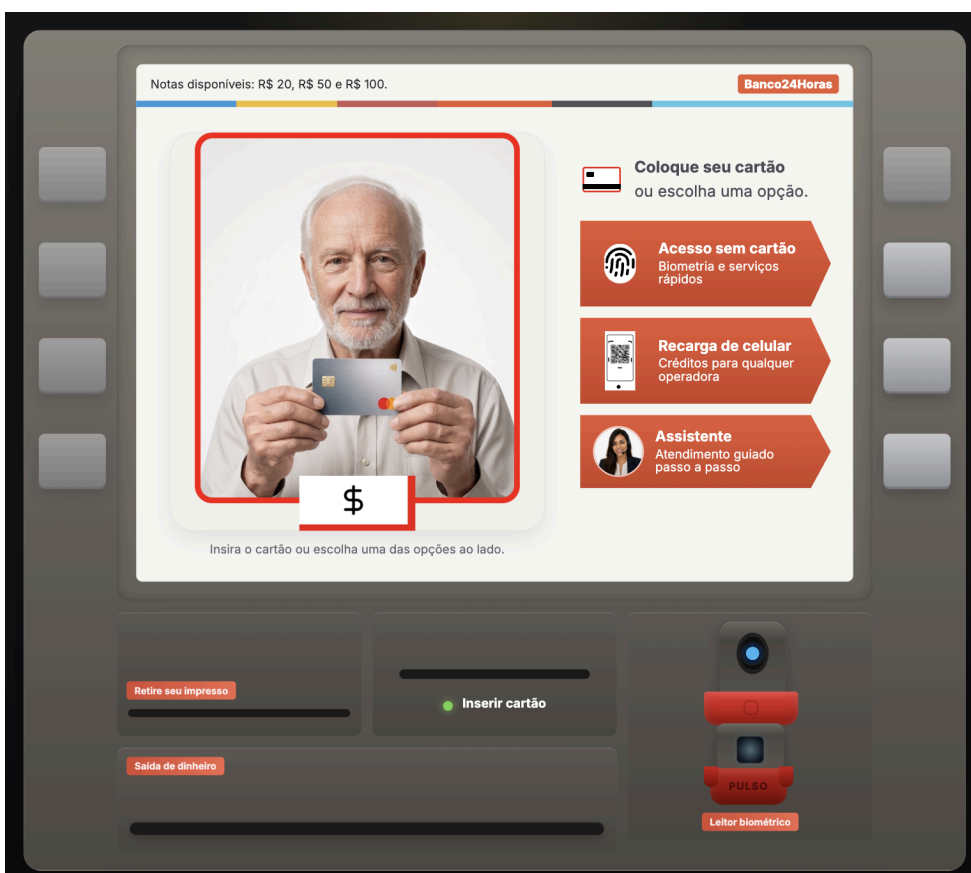
cálculo dos índices de contraste, de forma a respeitar as recomendações da WCAG. Os ícones utilizados na interface foram selecionados da biblioteca Lucide (lucide.dev), amplamente adotada em projetos de interface digital por seu padrão visual consistente e minimalista. A adequação desses ícones ao público idoso foi verificada empiricamente durante o Teste A/B, descrito na seção 3.5.3, no qual a compreensão dos elementos visuais pelos participantes foi observada diretamente. A IA também auxiliou no cálculo dos índices de contraste, de forma a respeitar as recomendações das Web Content Accessibility Guidelines (WCAG). Esse apoio viabilizou a interação guiada por áudio prevista no RF05. Em conformidade com o RF04, o protótipo adotou o verde para confirmar comandos e o vermelho para cancelar ou desfazer ações, tornando as zonas de decisão visíveis mesmo para usuários com baixa sensibilidade ao contraste.

O fluxo da interface foi desenhado para conduzir o usuário passo a passo, com uma ação principal por tela. A sequência, ilustrada nas Figuras 17 a 23, ocorre da seguinte forma:

- Tela inicial (Figura 16): o sistema orienta a inserção do cartão, com a entrada destacada e instruções curtas à direita, dando início à sessão;
- Menu de operações (Figura 17): a tela “Selecione a opção desejada” apresenta as funções do MVP (Sacar, Saldo, Depósito, Extrato e Assistente), em botões grandes, de alto contraste e com ícones de apoio (RF03 e RF04);
- Instrução guiada de saque (Figura 18): antes de executar a operação, a tela “Como fazer um saque” explica os passos em linguagem simples, com os botões “Voltar” (vermelho) e “Entendi, vamos começar” (verde), reduzindo a insegurança inicial (RF03 e RF04);
- Assistente virtual (Figura 19): a tela “Olá! Sou sua assistente” introduz um rosto humano que se comunica com o usuário, atendendo à dor de falta de humanização (RF05);
- *Feedback* de processamento (Figura 20): durante o processamento, a tela “Processando seu pedido...” exibe uma mensagem tranquilizadora em destaque, substituindo o “Aguarde” estático da interface atual (RF02);
- Aviso de leitura do cartão (Figura 21): a tela “Atenção! Não retire seu cartão” informa, com alto contraste, que as informações estão sendo lidas com segurança, evitando ações precipitadas (RF02);

- Retirada do comprovante (Figura 22): a tela “Pegue seu comprovante impresso” indica, em linguagem cotidiana, o compartimento físico correto, aplicando o princípio dos Bons Mapeamentos (RF03).

Figura 16 – Tela inicial



Fonte: Elaborada pelo autor com auxílio de inteligência artificial generativa (2026).

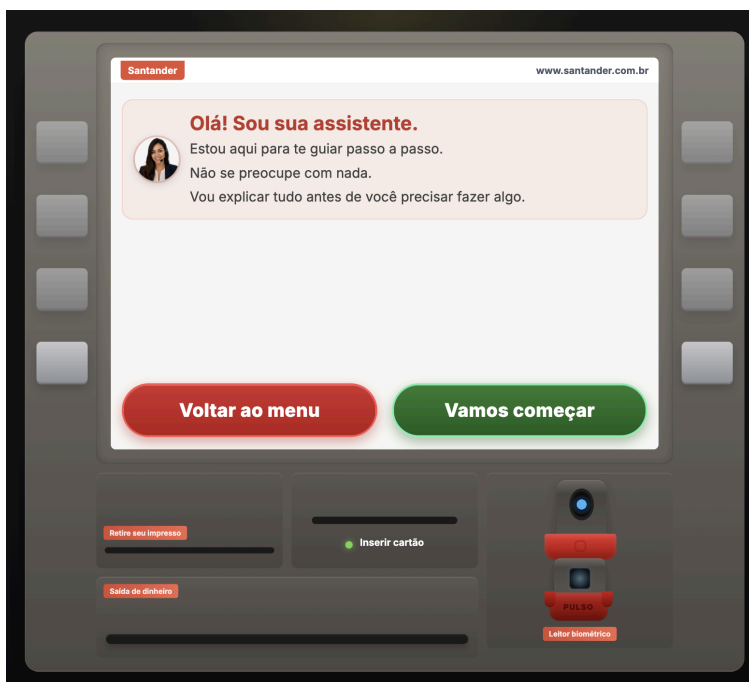
Figura 17 – Menu de operações



Fonte: Elaborada pelo autor com auxílio de inteligência artificial generativa (2026).

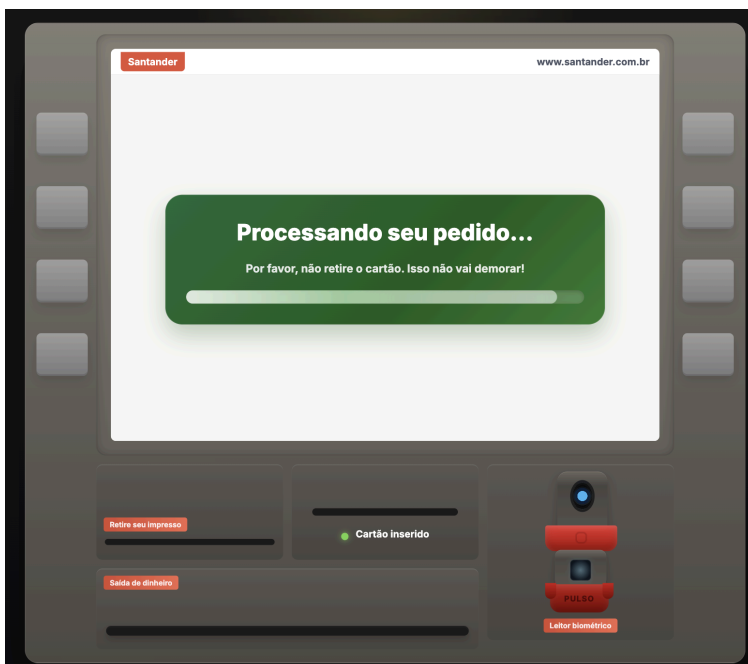
Figura 18 – Instrução guiada de saque

Fonte: Elaborada pelo autor com auxílio de inteligência artificial generativa (2026).

Figura 19 – Assistente virtual

Fonte: Elaborada pelo autor com auxílio de inteligência artificial generativa (2026).

Figura 20 – *Feedback* de processamento



Fonte: Elaborada pelo autor com auxílio de inteligência artificial generativa (2026).

Figura 21 – Aviso de leitura do cartão



Fonte: Elaborada pelo autor com auxílio de inteligência artificial generativa (2026).

Figura 22 – Retirada do comprovante



Fonte: Elaborada pelo autor com auxílio de inteligência artificial generativa (2026).

3.6.2 Teste de usabilidade somativo e métricas

A validação final empregou um teste de usabilidade somativo, ou seja, um teste aplicado ao produto já concluído, com o objetivo de medir seu desempenho. O teste foi conduzido de forma moderada e presencial, com a presença de um avaliador treinado, junto a um grupo de usuários idosos, junto a um grupo de dez usuários idosos. Cada participante executou um roteiro com tarefas do cotidiano bancário: sacar dinheiro, realizar um depósito, emitir um extrato, consultar o saldo na tela e pedir ajuda ao assistente virtual. Durante toda a sessão, manteve-se a técnica do Think Aloud (pensar em voz alta), na qual o participante verbaliza seus pensamentos enquanto usa o sistema, o que permite observar diretamente a hesitação e a ansiedade.

A coleta de dados seguiu os três critérios de qualidade de uso definidos pela norma ISO 9241-11 (REIS, 2022; NIELSEN, 1993). Segundo a norma, a eficácia é a acurácia e a completude com que os usuários atingem objetivos específicos; a eficiência é a relação entre os recursos despendidos, como tempo e esforço, e a acurácia e a completude com que esses objetivos são alcançados; e a satisfação é a ausência de desconforto e a presença de atitudes positivas em relação ao uso do sistema (REIS, 2022).

A partir dessas definições, a eficácia foi medida pela taxa de tarefas concluídas com sucesso, sem auxílio de terceiros; a eficiência, pelo tempo gasto em cada operação, métrica que avalia diretamente o efeito do RF01 (Tempo Adaptativo); e a satisfação, pelo conforto e pela segurança percebidos pelo usuário durante o uso. A análise dos resultados obtidos é apresentada no Capítulo 4.

3.6.3 Instrumento de validação psicométrica (SUS)

Para complementar a avaliação da satisfação com uma medida padronizada, aplicou-se o System Usability Scale (SUS), questionário desenvolvido por Brooke (1996) e amplamente utilizado na área de usabilidade. O próprio autor o caracteriza como uma escala “quick and dirty” (rápida e direta) de usabilidade, concebida para fornecer, de forma simples e ágil, uma medida global e confiável da percepção subjetiva do usuário sobre um sistema (BROOKE, 1996).

O instrumento é composto por dez afirmações, que alternam frases de tom positivo e negativo, respondidas em uma escala Likert de cinco pontos. Esse questionário foi respondido pelos mesmos dez participantes do teste de usabilidade descrito na seção 3.6.2, imediatamente após a conclusão das tarefas práticas. No cálculo do escore, as afirmações de número ímpar contribuem com o valor da resposta menos um, e as de número par com cinco menos o valor da resposta. A soma dessas contribuições é multiplicada por 2,5, gerando um escore final que varia de 0 a 100 e que resume, em um único número, a percepção de usabilidade do sistema (BROOKE, 1996).

As dez afirmações que compõem o instrumento, na ordem em que foram apresentadas aos participantes e já adaptadas ao contexto do simulador, são as seguintes:

- Eu gostaria de usar este simulador de caixa eletrônico com frequência.
- Eu acho o simulador desnecessariamente complexo.
- Eu achei o simulador fácil de usar.
- Eu acho que precisaria de ajuda de alguém para usar o simulador.
- Eu acho que as funções do simulador estão muito bem integradas.
- Eu acho que o simulador apresenta muita inconsistência.
- Eu imagino que as pessoas aprenderão como usar este simulador rapidamente.
- Eu achei o simulador muito estranho de usar.
- Eu me senti confiante ao usar o simulador.

- Eu precisei aprender várias coisas novas antes de conseguir usar o simulador.

Quanto à aplicação, o questionário foi disponibilizado em formato digital, por meio de um formulário eletrônico (Google Forms), e respondido logo após o teste prático. Em atenção às limitações de leitura e de visão do público idoso, adotou-se um procedimento assistido: o aplicador lia cada afirmação em voz alta e registrava a resposta conforme a indicação verbal do participante, certificando-se de que ele compreendia que a nota 1 correspondia a “discordo totalmente” e a nota 5 a “concordo totalmente”. A análise detalhada do escore obtido e da distribuição das respostas é apresentada no Capítulo 4.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Este capítulo apresenta e discute os dados obtidos nas etapas de validação da interface proposta. A análise está organizada em quatro partes. Primeiro, expõe os resultados da validação formativa, feita por meio do Teste A/B. Em seguida, trata da validação somativa, com as métricas de eficácia e de eficiência observadas no teste de usabilidade. Depois, analisa a satisfação dos usuários por meio do questionário SUS. Por fim, reúne os achados em uma discussão integrada, que os relaciona com o referencial teórico construído ao longo do trabalho. O objetivo central é verificar em que medida o protótipo conseguiu reduzir a carga cognitiva, diminuir o sofrimento psíquico relatado na literatura (MAZZONI; TORRES, 2008) e devolver autonomia ao usuário idoso.

4.1 Resultados do teste A/B

O Teste A/B foi conduzido para comparar duas abordagens de design. A Versão A reproduzia o padrão atual do mercado, baseado apenas em instruções de texto, como "Aguarde" e "Retire o demonstrativo". A Versão B apresentava ilustrações que indicavam os componentes físicos do caixa, acompanhadas de um texto curto e tranquilizador, como "Por favor, não retire o cartão. Isso não vai demorar." Essa comparação está ilustrada nas Figuras 13 a 15.

Os participantes preferiram a Versão B de forma consistente. Quando questionados sobre qual tela os ajudava a localizar a saída do comprovante, a maioria escolheu a interface ilustrada. A análise das respostas abertas ajuda a entender o motivo dessa preferência. Um participante afirmou que a ilustração "me deu muita segurança saber exatamente onde olhar", relacionando a imagem à dificuldade de enxergar e ao medo de errar. Outro destacou que "os ícones orientam as ações de forma mais objetiva". Além disso, a opção de texto "Pegue seu comprovante impresso" foi preferida ao termo técnico "Retire o demonstrativo", o que confirma a pertinência do RF03 (Linguagem Simplificada).

Esses resultados podem ser lidos à luz do princípio dos Bons Mapeamentos, proposto por Norman (2018). O sistema tradicional exige que o usuário traduza, sozinho, uma instrução abstrata na tela para uma ação física no equipamento. A Versão B reduziu esse esforço de

tradução ao fazer a interface digital espelhar a disposição física dos componentes do caixa. O efeito observado foi a diminuição da hesitação, o que sugere que a insegurança relatada pelos idosos não decorre da idade em si, mas de falhas na arquitetura da informação.

4.2 Validação somativa: eficácia e eficiência no teste de usabilidade

A validação somativa foi realizada por meio de um teste de usabilidade com um grupo de usuários idosos, que executaram cinco tarefas do cotidiano bancário: saque, depósito, emissão de extrato, consulta de saldo e uso do assistente virtual.

Na métrica de eficácia, que corresponde à taxa de tarefas concluídas sem ajuda, o efeito do RF01 (Tempo Adaptativo) foi perceptível. Ao eliminar o encerramento abrupto da sessão, observou-se o desaparecimento do comportamento de afobação, e o usuário pôde ler as instruções no próprio ritmo, sem o receio de ser interrompido pela máquina. Esse achado dialoga diretamente com a literatura, que aponta o tempo curto das telas como uma das principais barreiras para o idoso (CASTRO, 2018). Na métrica de eficiência, que relaciona o tempo gasto ao sucesso da tarefa, observou-se um resultado que à primeira vista parece contraditório. Embora o tempo limite tenha sido ampliado, o tempo total de execução tendeu a diminuir em relação aos relatos da pesquisa de campo. Uma explicação possível é que o *feedback* constante previsto no RF02, por meio de barras de progresso e indicações visuais e sonoras, eliminou o vácuo de informação que antes causava paralisação. Sem precisar interromper a tarefa para confirmar com terceiros se a máquina havia travado, o usuário manteve o fluxo da operação. Por fim, a interação guiada pelo assistente virtual, prevista no RF05, contribuiu para reduzir a saturação de tela apontada por Moquillaza, Paz e Sahuja (2021), uma vez que substituiu menus extensos por etapas apresentadas uma de cada vez.

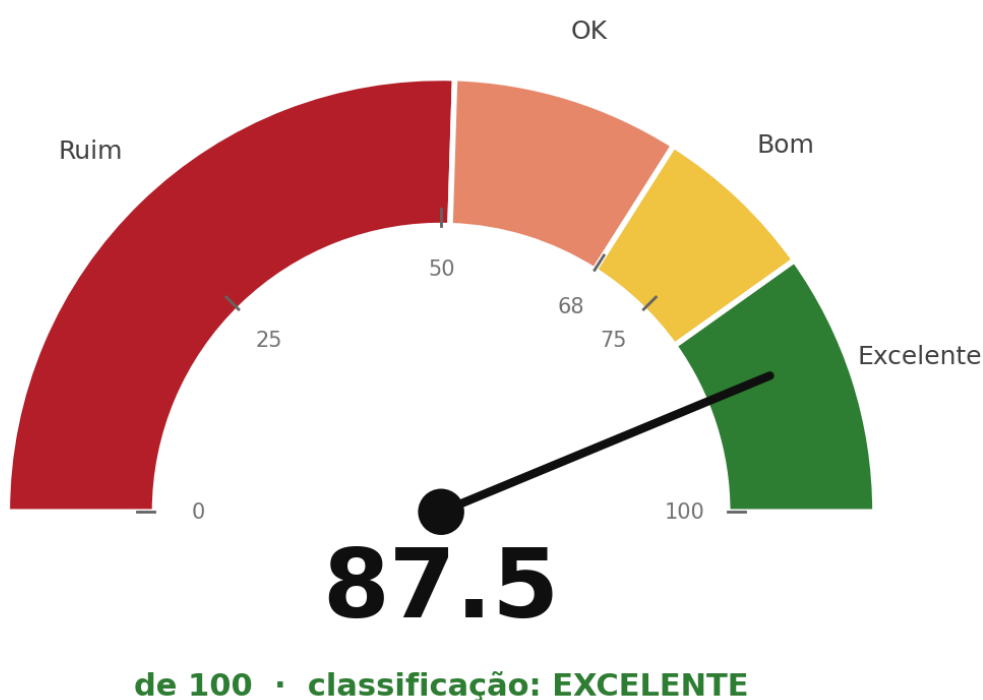
4.3 Avaliação de satisfação: análise da escala SUS

Para complementar as observações com uma medida padronizada de satisfação, aplicou-se o System Usability Scale (SUS), de Brooke (1996), logo após o teste prático. O instrumento gerou um escore médio de 87,5 pontos, com mediana de 90 e desvio padrão de 11,7. Esse valor situa-se bem acima do patamar usualmente adotado como referência média para o SUS, o que indica um nível de usabilidade percebida elevado.

A distribuição das respostas, apresentada na Figura 23, reforça essa leitura. Na afirmação "Eu achei o simulador fácil de usar", as respostas concentraram-se nas pontuações mais altas. Na afirmação "Eu acho que precisaria da ajuda de alguém para usar o simulador", que corresponde à principal dor mapeada nas entrevistas, as respostas concentraram-se nos níveis mais baixos, o que sugere que o protótipo ajudou a quebrar o ciclo de dependência identificado por Alencar Filho (2019). A afirmação "Eu me senti confiante ao usar o simulador" também recebeu notas altas, resultado que pode ser associado ao alto contraste e aos botões com tolerância a erros previstos no RF04. Da mesma forma, houve discordância em relação às afirmações de que o sistema seria complexo ou estranho de usar.

Figura 23 – Nota geral de usabilidade do protótipo (SUS)

Nota geral de usabilidade do protótipo (SUS)



O SUS resume a usabilidade numa nota de 0 a 100. Quanto maior, melhor.

Acima de 68 já está acima da média de mercado.

Fonte: Elaborada pelo autor com auxílio de inteligência artificial generativa, a partir dos dados da pesquisa (2026).

As respostas às perguntas abertas seguiram a mesma direção dos números. Um participante comentou que "o simulador é simples e amei a praticidade de utilizar", percepção que contrasta com a angústia associada aos caixas tradicionais (SIMÕES, 2018). O único ajuste apontado foi "melhorar o alinhamento entre os botões e o indicativo da função desejada", que se refere a um refinamento de interface, e não a uma barreira cognitiva ou de linguagem.

4.4 Discussão integrada: o design como ferramenta de inclusão

Quando os dados desta pesquisa são reunidos e comparados com o referencial teórico, é possível argumentar que a exclusão digital e bancária do idoso não é um resultado inevitável do envelhecimento, mas sim consequência de um projeto de software que desconsidera a diversidade dos usuários. A revisão de literatura já indicava que a modernização bancária priorizou o tempo da máquina e a oferta de novos serviços (DINIZ, 2004), o que transformou o caixa em um terminal complexo e saturado de funções (CARBÓ-VALVERDE; CUADROS-SOLAS; RODRÍGUEZ-FERNÁNDEZ, 2020). Essa complexidade, somada ao vocabulário técnico, ajuda a explicar o sofrimento psíquico descrito por Mazzoni e Torres (2008).

Nesse sentido, os resultados do teste com o protótipo oferecem evidências contrárias à ideia de que o idoso seria, por natureza, resistente à tecnologia (ALVIM; ROCHA; CHARIGLIONE, 2017). Diante de uma interface projetada respeitando os limites da memória de trabalho, que usa alto contraste para compensar o declínio visual (SOUZA; ROSA, 2012) e que substitui jargões por linguagem acessível (LARA, 2012), os participantes demonstraram maior independência e confiança. Esse ganho não é apenas qualitativo: o protótipo obteve um escore médio de 87,5 pontos no System Usability Scale (mediana de 90 e desvio padrão de 11,7), valor bem acima do patamar de 68 pontos usualmente adotado como referência média para o instrumento (BROOKE, 1996). De forma ainda mais significativa, na afirmação "Eu acho que precisaria da ajuda de alguém para usar o simulador", que traduz a principal dor mapeada nas entrevistas, as respostas concentraram-se nos níveis mais baixos da escala, indício de que a interface ajudou a quebrar o ciclo de dependência descrito por Alencar Filho (2019). Esse dado é reforçado pela métrica de eficácia do teste de usabilidade, em que a taxa de tarefas concluídas sem ajuda foi favorecida pela eliminação do encerramento abrupto da sessão (RF01), e pela métrica de eficiência, na qual o tempo total de execução tendeu a diminuir mesmo com o limite de tempo ampliado. A própria fala dos participantes converge

com os números, como no comentário de que o simulador era "simples" e em que se elogiou "a praticidade de utilizar". Esse conjunto de achados está alinhado aos pressupostos do Design Centrado no Usuário (NORMAN, 2018):

Conforme sintetiza o próprio autor, "quando você tem dificuldade com uma coisa qualquer [...] não é sua culpa. Não ponha a culpa em si mesmo, ponha a culpa no designer. A falha é da tecnologia ou, mais precisamente, do design. (NORMAN, 2018, p. 6).

Por fim, os dados reforçam a limitação da norma ABNT NBR 15250 (ABNT, 2005) discutida no TCC I. Ainda que a norma seja importante para a acessibilidade física, ela não trata da acessibilidade cognitiva (REIS, 2022). Este é, possivelmente, o principal achado empírico do trabalho: a pesquisa demonstra, a partir de dados de campo, que a conformidade física com a norma é condição necessária, mas não suficiente, para a inclusão do usuário idoso. Este trabalho sugere, de forma empírica, que um terminal pode estar de acordo com os parâmetros físicos da norma e, mesmo assim, excluir o usuário idoso, caso a interface seja ambígua, rápida demais ou de difícil compreensão. Em outras palavras, a barreira que efetivamente impediu o uso autônomo nos relatos das entrevistas não estava na altura do equipamento, no tamanho dos botões ou no alcance da tela, atributos cobertos pela norma, mas em dimensões que ela não regula: o tempo curto de sessão, o vocabulário técnico e a ausência de mapeamento entre a tela e o hardware.

Foi justamente sobre essas dimensões cognitivas que o protótipo atuou, e foi nelas que se observou a maior redução da dependência de terceiros. Isso indica que uma futura revisão das diretrizes de acessibilidade para autoatendimento precisaria incorporar critérios cognitivos, como ritmo adaptativo, linguagem simplificada e *feedback* contínuo, e não apenas ergonômicos, sob o risco de certificar como "acessível" um terminal que, na prática, continua a excluir parcela significativa da população idosa. Intervenções relativamente simples, como ampliar o tempo de sessão, mapear visualmente o hardware, adotar fluxos lineares e usar uma linguagem mais próxima do usuário, mostraram-se capazes de transformar uma fonte de ansiedade em um instrumento mais seguro de autonomia.

5 CONCLUSÃO

Esta pesquisa investigou as barreiras de usabilidade e de acessibilidade enfrentadas por usuários idosos nos caixas de autoatendimento e propôs uma interface para reduzir esses obstáculos. O percurso uniu a fundamentação teórica desenvolvida no TCC I ao trabalho prático de levantamento de requisitos, prototipação e validação realizado no TCC II.

A etapa teórica mostrou que os caixas de autoatendimento já apresentam problemas de usabilidade para o público em geral e que essas falhas se agravam quando encontram os declínios sensoriais, motores e cognitivos próprios do envelhecimento. Essa convergência cria um cenário de alta ansiedade, descrito na literatura como carga psíquica e sofrimento psíquico (MAZZONI; TORRES, 2008), que leva ao comportamento de evitação e à exclusão. A pesquisa também identificou um vácuo nas diretrizes de acessibilidade, em especial na ABNT NBR 15250 (ABNT, 2005), que se concentram nos aspectos físicos e deixam de lado os cognitivos. Esse vácuo ajuda a explicar o paradoxo da segurança: o tempo curto de sessão, criado para proteger o usuário, é justamente o que o obriga a pedir ajuda e a expor sua senha, comprometendo a própria segurança que pretendia garantir.

A etapa prática traduziu esse diagnóstico em uma proposta concreta. A pesquisa de campo com usuários idosos confirmou as barreiras previstas na teoria, como a insegurança com as telas sensíveis ao toque, a dificuldade com jargões e a pressão social das filas. A partir desses dados, foram definidos requisitos funcionais e desenvolvido um protótipo de alta fidelidade, submetido a testes com os usuários. O Teste A/B indicou que o uso de ilustrações conectando a interface ao hardware físico reduziu a ambiguidade e trouxe mais clareza, em linha com o princípio dos Bons Mapeamentos (NORMAN, 2018). A avaliação somativa, apoiada no teste de usabilidade e no questionário SUS, apontou bons índices de satisfação e de confiança, além de uma redução expressiva da dependência de terceiros para concluir as tarefas. A interação guiada pelo assistente virtual atendeu à demanda por um atendimento mais humanizado.

Em conjunto, esses resultados sustentam a hipótese do trabalho: a dificuldade do idoso com os caixas eletrônicos não é um traço próprio da idade, mas um sintoma de um design inadequado. Ao reprojeter o terminal com base nos princípios da usabilidade e da acessibilidade cognitiva, foi possível converter uma interface que gerava ansiedade em um ambiente mais seguro e compreensível.

Como todo estudo, esta pesquisa possui limitações que devem ser consideradas na leitura dos resultados. A amostra envolvida nos testes foi reduzida, o que é adequado para identificar as principais falhas de usabilidade (NIELSEN, 2012), mas não permite generalizações estatísticas amplas. Além disso, o protótipo foi avaliado em ambiente simulado, e não em um terminal físico real em uso cotidiano, o que limita a observação de fatores como o contexto da fila e a iluminação do ambiente. O escopo também se concentrou nas operações de saque e de consulta de saldo e extrato, deixando outras funções para etapas futuras.

A partir dessas limitações, abrem-se caminhos para trabalhos futuros. Recomenda-se a aplicação dos testes com uma amostra maior e mais diversa, a avaliação do protótipo em terminais físicos reais e a ampliação das operações cobertas. Sugere-se ainda que os achados aqui reunidos possam contribuir para o debate sobre a revisão de normas de acessibilidade, de modo a incluir critérios de acessibilidade cognitiva, como clareza de linguagem, tempo de compreensão e limitação de informações por tela. Conclui-se que adequar o tempo da máquina ao tempo humano e a linguagem do sistema à linguagem do usuário é um passo necessário para que o avanço tecnológico do setor bancário seja acompanhado de autonomia e dignidade para a população idosa.

REFERÊNCIAS

ACCESSIBLY APP. Color Contrast. [s.d.]. Disponível em:

<https://accessiblyapp.com/web-accessibility/color-contrast/>. Acesso em: 24 nov. 2025.

ALENCAR FILHO, José Fernandes de. O domínio das TDICs pelos idosos nos caixas eletrônicos dos bancos. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Administração) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2019. Disponível em: https://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/52817/1/2019_tcc_jfdafilho.pdf. Acesso em: 24 nov. 2025.

ALMEIDA, Jhonattan. A histórica evolução da computação moderna. Medium, 15 mar. 2018. Disponível em: <https://medium.com/@jhonattanalmeida35/a-histórica-evolução-da-computação-moderna-50f620e7010f>. Acesso em: 24 nov. 2025.

ALVES, Ana. Bancos digitais: a revolução silenciosa. *Diário do Nordeste*, Fortaleza, 14 maio 2024. Disponível em: <https://diariodonordeste.verdesmares.com.br/opinia0/c0lunistas/ana-alves/bancos-digitais-a-revolucao-silenciosa-1.3511647>. Acesso em: 5 dez. 2025.

ALVIM, K. C. B. L.; ROCHA, F. de S.; CHARIGLIONE, I. P. F. S. O idoso e o uso da tecnologia: uma revisão sistemática da literatura. *Revista Kairós – Gerontologia*, São Paulo, v. 20, n. 4, p. 295–313, 2017. Disponível em: <https://revistas.pucsp.br/index.php/kairos/article/view/39018>. Acesso em: 10 out. 2025.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15250: Acessibilidade em caixa de auto-atendimento bancário. Rio de Janeiro: ABNT, 2005. 18 p. Disponível em: https://www.cnmp.mp.br/portal/images/Comissoes/DireitosFundamentais/Acessibilidade/NBR_15250-2005_Caixa_Auto_Atendimento.pdf. Acesso em: 10 out. 2025.

BANCO CENTRAL DO BRASIL. Relatório de Cidadania Financeira 2021. Brasília: BCB, 2021. Disponível em: https://www.bcb.gov.br/content/cidadaniafinanceira/documentos_cidadania/rif/relatorio_de_cidadania_financeira_2021.pdf. Acesso em: 3 nov. 2025.

BANCO24HORAS. Banco24Horas – Caixa eletrônico perto de você. Disponível em: <https://www.banco24horas.com.br/>. Acesso em: 3 nov. 2025.

BRASIL. Agência Brasileira de Inteligência (ABIN). Primeiro terminal bancário do Brasil. Brasília, DF: ABIN, 2021. Disponível em: https://www.gov.br/abin/pt-br/assuntos/museu-da-inteligencia/imagens/acervo/expo720_a/vie_w. Acesso em: 24 nov. 2025.

BRASIL. Lei nº 4.595, de 31 de dezembro de 1964. Dispõe sobre a política e as instituições monetárias, bancárias e creditícias. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 7 jan. 1965. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l4595.htm. Acesso em: 24 nov. 2025.

BRASIL. Lei nº 10.741, de 1º de outubro de 2003. Estatuto da Pessoa Idosa. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 3 out. 2003. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/2003/l10.741.htm. Acesso em: 5 dez. 2025.

BROOKE, John. SUS: a quick and dirty usability scale. In: JORDAN, P. W. et al. (ed.). Usability evaluation in industry. London: Taylor & Francis, 1996. p. 189–194.

CARBÓ-VALVERDE, S.; CUADROS-SOLAS, P. J.; RODRÍGUEZ-FERNÁNDEZ, F. The Effect of Banks' IT Investments on the Digitalization of Their Customers. *Global Policy Journal*, v. 11, n. 1, 2020. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/338764501_The_Effect_of_Banks%27_IT_Investments_on_the_Digitalization_of_their_Customers. Acesso em: 24 nov. 2025.

CARDOSO, L. P. A terceira idade frente aos canais digitais bancários: um estudo sobre os sentimentos e as dificuldades. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Administração) – Instituto Federal da Bahia, Salvador, 2017. Disponível em: <https://portal.ifba.edu.br/salvador/ensino/cursos/superior/graduacao/administracao/monografia/s/2017.1/luana-paim-cardoso.pdf>. Acesso em: 10 out. 2025.

CASTRO, E. V. de. Interação do idoso com caixas de autoatendimento bancário: uma análise sob a percepção do usuário. 2018. Dissertação (Mestrado em Design) – Universidade Federal

do Maranhão, São Luís, 2018. Disponível em: <https://tedebc.ufma.br/jspui/handle/tede/2030>. Acesso em: 10 out. 2025.

CASTRO, E. V. de; CAMPOS, L. F. de A. Os caixas eletrônicos e o usuário idoso: uma discussão sobre a usabilidade e inclusão social. *Blucher Design Proceedings*, v. 2, n. 9, p. 3181–3191, 2016. Disponível em: <https://www.proceedings.blucher.com.br/article-details/os-caixas-eletronicos-e-o-usurio-idoso-uma-discusso-sobre-a-usabilidade-e-inclusao-social-24509>. Acesso em: 24 nov. 2025.

CEN – EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION. CWA 16926 – XFS (eXtensions for Financial Services). 2019a. Disponível em: https://www.cencenelec.eu/areas-of-work/xfs_cwa16926_340_release/. Acesso em: 3 nov. 2025.

CEN – EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION. CEN/XFS – API/SPI Programmer’s Reference (CWA 16926-1). 2019b. Disponível em: <https://www.cencenelec.eu/media/CEN-CENELEC/AreasOfWork/CEN%20sectors/Digital%20Society/CWA%20Download%20Area/XFS/16926-1.pdf>. Acesso em: 3 nov. 2025.

CIRCUITS TODAY. Parts of an ATM machine. 2010. Disponível em: <https://circuitstoday.com/wp-content/uploads/2010/02/Parts-of-an-ATM-machine.jpg>. Acesso em: 27 nov. 2025.

CORRÊA, C. E.; MEIRELLES, F.; DINIZ, E. Tecnologia bancária no Brasil: uma história de conquistas, uma visão de futuro. São Paulo: FGV, 2010. Disponível em: <https://repositorio.fgv.br/items/6fd11a3b-6438-4107-a4f0-995a0fd87c3c>. Acesso em: 24 nov. 2025.

CRESWELL, J. W. Projeto de pesquisa: métodos qualitativo, quantitativo e misto. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2010.

CYBIS, Walter de Abreu; **BETIOL,** Adriana Holtz; **FAUST,** Richard Perassi. Ergonomia e usabilidade: conhecimentos, métodos e aplicações. 3. ed. São Paulo: Novatec, 2015.

DESIGN COUNCIL. Eleven lessons: managing design in eleven global brands. London: Design Council, 2005. Disponível em:

https://www.idi-design.ie/content/files/ElevenLessons_Design_Council_2.pdf. Acesso em: 13 mar. 2026.

DIEESE. Somente 55,5% dos municípios têm agências bancárias no Brasil. 2024. Disponível em:

<https://spbancarios.com.br/06/2024/somente-55-das-cidades-tem-agencias-bancarias-no-brasi>. Acesso em: 3 nov. 2025.

DINIZ, E. H. Era digital: cinco décadas de automação. *GV-executivo*, São Paulo, v. 3, n. 3, p. 55–60, 2004. Disponível em: <https://periodicos.fgv.br/gvexecutivo/article/download/34691/33497/66600>. Acesso em: 24 nov. 2025.

EUROPOL. Cashing in on ATM Malware: A Comprehensive Look at Various Attack Types. Haia: Europol, 2017. Disponível em: https://www.europol.europa.eu/sites/default/files/documents/public_-_cashing_in_on_atm_malware.pdf. Acesso em: 3 nov. 2025.

FEBRABAN. Pesquisa FEBRABAN de Tecnologia Bancária 2025 – Volume 2 (ano-base 2024). São Paulo: FEBRABAN/Deloitte, 2025a. Disponível em: https://cmsarquivos.febraban.org.br/Arquivos/documentos/PDF/Pesquisa%20Febraban%20de%20Tecnologia%20Banca%CC%81ria%202025%20-%20Vol_2.pdf. Acesso em: 3 nov. 2025.

FEBRABAN. 82% das transações bancárias dos brasileiros são feitas pelos canais digitais. 11 jun. 2025b. Disponível em: <https://portal.febraban.org.br/noticia/4310/pt-br/>. Acesso em: 3 nov. 2025.

FRISCHTAK, C. R. Automação bancária e mudança na produtividade: a experiência brasileira. *Pesquisa e Planejamento Econômico*, Rio de Janeiro, v. 22, n. 2, ago. 1992. Disponível em: <https://ppe.ipea.gov.br/index.php/ppe/article/view/849>. Acesso em: 24 nov. 2025.

GANJIKAH, A. et al. Comparative analysis of bank's ATM and POS technologies by customers. *Independent Journal of Management & Production*, v. 8, n. 3, p. 831–848, jul./set.

2017. Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=449552566002>. Acesso em: 1 dez. 2025.

HEWETT, T. T. et al. ACM Curricula for Human-Computer Interaction. New York: ACM SIGCHI, 1992. Disponível em: <https://dl.acm.org/doi/book/10.1145/2594128>. Acesso em: 1 dez. 2025.

IAMONTI, V. Z. Automação bancária e formação socioespacial brasileira: o circuito espacial de produção de terminais de autoatendimento (ATMs). 2017. Dissertação (Mestrado em Geografia Humana) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2017. Disponível em: https://teses.usp.br/teses/disponiveis/8/8136/tde-03042017-124018/publico/2017_VictorZulianiIamonti_VCorr.pdf. Acesso em: 24 nov. 2025.

IBGE. Acesso à internet e à televisão e posse de telefone móvel celular para uso pessoal 2022: Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua. Rio de Janeiro: IBGE, 2023a. Disponível em: https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101963_informativo.pdf. Acesso em: 1 dez. 2025.

IBGE. Censo demográfico 2022: idade e sexo: resultados do universo. Rio de Janeiro: IBGE, 2023b. Disponível em: https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/3102/cd_2022_populacao_idade_sexo_br.pdf. Acesso em: 1 dez. 2025.

IBM. Padrão do sistema de mensagens ISO 8583. 2020. Disponível em: <https://www.ibm.com/docs/pt-br/integration-bus/10.0.0?topic=formats-iso8583-messaging-standard>. Acesso em: 3 nov. 2025.

IPECE – INSTITUTO DE PESQUISA E ESTRATÉGIA ECONÔMICA DO CEARÁ. O Ceará ocupou a 12ª posição entre os estados com maior índice de envelhecimento. Fortaleza: IPECE, 2024. Disponível em: https://www.ipece.ce.gov.br/wp-content/uploads/sites/45/2024/08/Enfoque_EconomicoN279_160824.pdf. Acesso em: 29 abr. 2026.

JORNAL DO COMMERCCIO. Ingleses vendem caixa automático. Rio de Janeiro, 8 mar. 1969. p. 1. Disponível em: http://memoria.bn.gov.br/docreader/364568_15/56862. Acesso em: 24 nov. 2025.

KANNAN, M.; MARY, W. EATM: Hybrid Facial Feature Extraction Algorithm for Enhancing ATM Security System. *JETIR*, v. 6, n. 6, 2019. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/335946261_Issue_6_wwwjetirorg_ISSN-2349-5162. Acesso em: 27 nov. 2025.

KASPERSKY. Como funcionam os chupa-cabras de caixas eletrônicos. 2015. Disponível em: <https://www.kaspersky.com.br/blog/skimmers-parte-dois/4729/>. Acesso em: 3 nov. 2025.

KASPERSKY. Safeguarding ATMs (whitepaper). 2021. Disponível em: <https://content.kaspersky-labs.com/se/media/en/business-security/enterprise/Safeguarding-ATMs-whitepaper-en.pdf>. Acesso em: 3 nov. 2025.

LARA, S. M. A. de. Mecanismos de apoio para usabilidade e acessibilidade na interação de adultos de meia-idade e idosos com as tecnologias de informação e comunicação. 2012. Tese (Doutorado em Ciências de Computação e Matemática Computacional) – Universidade de São Paulo, São Carlos, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.11606/T.55.2012.tde-14022013-163940>. Acesso em: 24 nov. 2025.

MACEDO, M. K. B. de. Recomendações de acessibilidade e usabilidade para ambientes virtuais de aprendizagem voltados para o usuário idoso. 2009. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Gestão do Conhecimento) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2009. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/93284/264421.pdf>. Acesso em: 24 nov. 2025.

MAZZONI, A. A.; TORRES, E. F. Contribuições para uma atenção adequada às pessoas idosas nos serviços de caixa bancário de auto atendimento. *Ciência & Saúde Coletiva*, v. 13, n. 4, p. 1227–1236, jul./ago. 2008. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/csc/a/YJXGNGpG43jfgHCg6q9zPZr/>. Acesso em: 24 nov. 2025.

MOQUILLAZA, A.; PAZ, F.; SAHUA, J. A Usability Evaluation Process Proposal for ATM Interfaces. In: *Lecture Notes in Computer Science*. Springer, 2021. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/352936069_A_Usability_Evaluation_Process_Proposal_for_ATM_Interfaces. Acesso em: 10 out. 2025.

NIC.br – NÚCLEO DE INFORMAÇÃO E COORDENAÇÃO DO PONTO BR. Pesquisa sobre o uso das tecnologias de informação e comunicação nos domicílios brasileiros: TIC Domicílios 2023. São Paulo: Comitê Gestor da Internet no Brasil, 2024. Disponível em: <https://cetic.br/pt/publicacao/pesquisa-sobre-o-uso-das-tecnologias-de-informacao-e-comunicacao-nos-domicilios-brasileiros-tic-domicilios-2023/>. Acesso em: 1 dez. 2025.

NIELSEN, J. How Many Test Users in a Usability Study?. *Nielsen Norman Group*, 03 jun. 2012. Disponível em: <https://www.nngroup.com/articles/how-many-test-users/>. Acesso em: 05 dez. 2025.

NIELSEN, Jakob. Usability engineering. Boston: Academic Press, 1993.

NORMAN, D. A. O design do dia a dia. Tradução Ana Deiró. Rio de Janeiro: Anfiteatro, 2018.

NUZZI, V. Avanço digital: maiores bancos fecham 39% das agências em dez anos. *Agência DC News*, 6 jun. 2025. Disponível em: <https://agenciadcnews.com.br/bancos-fecham-39-das-agencias-em-dez-anos-numero-de-clientes-sobe/>. Acesso em: 1 dez. 2025.

PCI SECURITY STANDARDS COUNCIL. Encrypting PIN Pad (EPP) Security Requirements. 2009. Disponível em: https://www.pcisecuritystandards.org/documents/epp_security_requirements.pdf. Acesso em: 3 nov. 2025.

PCI SECURITY STANDARDS COUNCIL. ATM Security Guidelines (Information Supplement). 2013. Disponível em: https://www.pcisecuritystandards.org/pdfs/PCI_ATM_Security_Guidelines_Info_Supplement.pdf. Acesso em: 3 nov. 2025.

PCI SECURITY STANDARDS COUNCIL. Implementing ISO Format 4 PIN Blocks (Information Supplement). 2014. Disponível em: https://www.pcisecuritystandards.org/documents/Implementing_ISO_Format_4_PIN_Blocks_Information_Supplement.pdf. Acesso em: 3 nov. 2025.

PIOVESANA, M. Bancos privados fecham 856 agências em 2024. *Broadcast*, São Paulo, 24 fev. 2025. Disponível em: <https://www.broadcast.com.br/news/bancos-privados-fecham-856-agencias-em-2024/>. Acesso em: 1 dez. 2025.

PREFEITURA DE BONITO. Imagem institucional. [s.d.]. Disponível em: <https://www.bonito.ms.gov.br/wp-content/uploads/media/images/2446/2446//5669db1a1dc6c7afeb26360c1d8699c443b7c5a139a26.jpg>. Acesso em: 24 nov. 2025.

PRESSMAN, Roger S. Engenharia de software: uma abordagem profissional. 8. ed. São Paulo: McGraw-Hill, 2014.

PUBLIC DOMAIN PICTURES. ATM Cash Dispenser Keypad. [s.d.]. Disponível em: <https://www.publicdomainpictures.net/pictures/340000/velka/atm-cash-dispenser-keypad.jpg>. Acesso em: 24 nov. 2025.

QUATROCHI, G.; CUBERO, M. C. As trajetórias inovativas dos bancos privados líderes no Brasil: novas trajetórias tecnológicas, velhas armadilhas de desenvolvimento. In: *CONGRESSO BRASILEIRO DE ECONOMIA*, 23., 2019, Florianópolis. Anais [...]. Florianópolis: Corecon-SC, 2019. Disponível em: <https://corecon-sc.org.br/anais-cbe2019/arquivos/anais-cbe2019-4930.pdf>. Acesso em: 24 nov. 2025.

RAYMUNDO, T. M. Aceitação de tecnologias por idosos. 2013. Dissertação (Mestrado em Bioengenharia) – Escola de Engenharia de São Carlos, Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, Instituto de Química de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013. Disponível em: https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/82/82131/tde-27062013-145322/publico/TDE_Tai_uaniMarquineRaymundo.pdf. Acesso em: 24 nov. 2025.

REIS, G. Princípios de UX – Volume 1: conceitos e boas práticas. 1. ed. Rio de Janeiro: Publicação independente, 2022.

RODRIGUES DA SILVA, J. C.; RODRIGUES, J. L. K. Ondas tecnológicas: o cartão de crédito. In: *ENCONTRO LATINO AMERICANO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA*, 14., 2010, São José dos Campos. Anais [...]. São José dos Campos: Univap, 2010. Disponível em: https://www.inicepg.univap.br/cd/INIC_2010/anais/arquivos/0269_0115_01.pdf. Acesso em: 24 nov. 2025.

SCHUHMACHER, B.; SCHUHMACHER, V. R. N. A tecnologia digital na estimulação cognitiva na terceira idade – uma revisão sistemática. *Cuadernos de Educación y Desarrollo*, v. 15, n. 8, p. 7166–7181, 2023. Disponível em: <https://pdfs.semanticscholar.org/eac3/6003621416e7a37203f2e325aed0634677f8.pdf>. Acesso em: 10 out. 2025.

SILVA, M. P. C. da. Usabilidade de interfaces para caixas eletrônicos utilizando senhas gráficas. 2013. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Sistemas de Informação) – Universidade do Estado da Bahia, Salvador, 2013. Disponível em: <https://saberaberto.uneb.br/items/6a90c215-aab4-433a-bc5f-6f565b08d440/full>. Acesso em: 24 nov. 2025.

SILVA, M. V. da; CAMPOS, L. F. de A.; DEMAISON, A. L. O indivíduo idoso e o caixa eletrônico: um estudo com o usuário feminino. In: *CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO EM DESIGN – P&D DESIGN*, 12., 2016, Belo Horizonte. Anais [...]. São Paulo: Blucher, 2016. p. 4016–4026. Disponível em: <https://pdf.blucher.com.br/designproceedings/ped2016/0345.pdf>. Acesso em: 5 dez. 2025.

SIMÕES, C. de A. "Tô por fora": um estudo sobre a relação da pessoa idosa com os serviços bancários digitais. 2018. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Pará, [S. l.], 2018. Disponível em: <https://repositorio.ufpa.br/server/api/core/bitstreams/08933bc6-347d-4c33-b122-d1dcddbc0a76/content>. Acesso em: 24 nov. 2025.

SOUZA, M. da S.; ROSA, M. L. F. Declínios decorrentes da idade e suas implicações na interação com as NTIC. *RENOTE*, Porto Alegre, v. 10, n. 2, 2012. Disponível em: <https://seer.ufrgs.br/renote/article/viewFile/30915/19244>. Acesso em: 24 nov. 2025.

SSPDS – Secretaria da Segurança Pública e Defesa Social do Ceará. *Suspeito de furtar cartão de débito de idoso é preso em flagrante pela Polícia Civil em Fortaleza*. 2023. Disponível em: <https://www.sspds.ce.gov.br/2023/04/05/suspeito-de-furtar-cartao-de-debito-de-idoso-e-preso-em-flagrante-pela-policia-civil-em-fortaleza/>. Acesso em: 10 dez. 2025.

STJ – SUPERIOR TRIBUNAL DE JUSTIÇA. Súmula nº 479. As instituições financeiras respondem objetivamente pelos danos gerados por fortuito interno relativo a fraudes e delitos praticados por terceiros no âmbito de operações bancárias. Brasília, DF: STJ, 2012. Disponível em: <https://processo.stj.jus.br/SCON/sumstj/toc.jsp?sumula=479.num>. Acesso em: 3 nov. 2025.

TECBAN. ATMs do Banco24Horas (soluções e abrangência). 2025. Disponível em: <https://www.tecban.com.br/solucoes/atms-do-banco24horas>. Acesso em: 3 nov. 2025.

WEB.DEV. A Venn diagram where accessibility and UX overlap. [s.d.]. Disponível em: <https://web.dev/static/learn/accessibility/design-ux/image/a-venn-diagram-where-acce-3efaad0590ef8.png?hl=pt-br>. Acesso em: 24 nov. 2025.