



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO
DEPARTAMENTO DE INFORMÁTICA E ESTATÍSTICA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM SISTEMAS DE INFORMAÇÃO

Victor Henrique Hardt

Análise de usabilidade do aplicativo móvel Medida Inteligente

Florianópolis

2024

Victor Henrique Hardt

Análise de usabilidade do aplicativo móvel Medida Inteligente

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao curso de Sistemas de Informação do Centro ou Campus Centro Tecnológico da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Sistemas de Informação.

Orientadora: Profa. Thaís Bardini Idalino, Dra.

Coorientador: Gabriel Estevam de Oliveira, Me.

Florianópolis

2024

Victor Henrique Hardt

Análise de usabilidade do aplicativo móvel Medida Inteligente

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do título de Bacharel em Sistemas de Informação pela Universidade Federal de Santa Catarina e aprovado em sua forma final pelo Curso de Sistemas de Informação.

Local [inserir local da defesa], [dia] de [mês] de [ano].

Insira neste espaço
a assinatura

Coordenação do Curso

Banca examinadora

Insira neste espaço
a assinatura

Profa. Thaís Bardini Idalino, Dra.
Orientadora

Insira neste espaço
a assinatura

Gabriel Estevam de Oliveira, Me.
Coorientador

Insira neste espaço
a assinatura

Prof. Martín Vigil, Dr.
UFSC

Insira neste espaço
a assinatura

Prof. Jean Carlo Rossa Hauck, Dr.

UFSC

Florianópolis, 2024.

RESUMO

O aplicativo Medida Inteligente, fruto de uma parceria entre Inmetro (Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia) e LabSEC (Laboratório de Segurança em Computação) da UFSC (Universidade Federal de Santa Catarina) foi desenvolvido com o intuito de ser uma ferramenta importante no combate a fraudes no setor de combustíveis no Brasil, um problema recorrente no país. O aplicativo permite ao cidadão comum verificar a autenticidade dos abastecimentos que realiza em seu veículo e, caso necessário, comunicar ao Inmetro eventuais fraudes detectadas, aumentando a transparência e a segurança no setor. Contudo, para que funcione de forma eficaz, é fundamental que o aplicativo apresente um bom nível de usabilidade, permitindo que usuários leigos e de todas as idades compreendam facilmente os resultados exibidos. Nesse sentido, este trabalho tem como objetivo avaliar e aperfeiçoar a usabilidade do aplicativo móvel Medida Inteligente. O processo de avaliação da usabilidade foi conduzido em duas rodadas de testes, utilizando a métrica System Usability Scale (SUS). Além disso, perguntas extras sobre o sentimento de confiança e segurança na utilização da aplicação foram incluídas. A primeira rodada de testes avaliou o aplicativo em sua forma atual, e os resultados serviram como referência para implementação de melhorias de usabilidade no aplicativo. Por fim, uma segunda rodada de testes avaliou o aplicativo aprimorado, onde foi possível visualizar uma melhora de usabilidade, verificada através do aumento da pontuação SUS.

Palavras-chave: Usabilidade. SUS. Aplicativos Móveis. Medida Inteligente.

ABSTRACT

The Medida Inteligente application, the result of a partnership between Inmetro (National Institute of Metrology, Quality and Technology) and LabSEC (Computer Security Laboratory) at UFSC (Federal University of Santa Catarina), was developed with the aim of being an important tool in the fight against fraud in the fuel sector in Brazil, a recurring problem in the country. The application allows ordinary citizens to check the authenticity of the fuel they fill up in their vehicle and, if necessary, report any fraud detected to Inmetro, increasing transparency and safety in the sector. However, for it to work effectively, it is essential that the application has a good level of usability, allowing lay users of all ages to easily understand the results displayed. With this in mind, this work aims to evaluate and improve the usability of the Medida Inteligente mobile application. The usability evaluation process was conducted in two rounds of tests, using the System Usability Scale (SUS) metric. In addition, extra questions about the feeling of confidence and security in using the application were included. The first round of tests evaluated the application in its current form, and the results will serve as a reference for implementing usability improvements in the application. Finally, a second round of tests evaluated the improved application, where it was possible to see an improvement in usability, verified by an increase in the SUS score.

Keywords: Usability. SUS. Mobile Applications. Medida Inteligente.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Exemplo de pergunta do questionário SUS (BOUCINHA et al., 2013).....	8
Figura 2: Escala contendo pontuação SUS (BANGOR et al., 2013).....	9
Figura 3: Diagrama de componentes Medida Inteligente (IDALINO et al., 2022, p. 8)..	20
Figura 4: Capturas de tela: inicial, encontrando bombas de combustível e bombas de combustível encontradas.....	21
Figura 5: Diagrama de comunicação de nova leitura e seleção de bomba de combustível (IDALINO et al., 2022, p. 22).....	22
Figura 6: Diagrama de comunicação de informações essenciais do equipamento (IDALINO et al., 2022, p. 23).....	23
Figura 7: Diagrama de comunicação de dispositivos instalados (IDALINO et al., 2022, p. 24).....	23
Figura 8: Diagrama de comunicação de dados do estabelecimento (IDALINO et al., 2022, p. 25).....	24
Figura 9: Capturas de tela: obtendo dados do abastecimento e seleção de dispositivo indicador.....	25
Figura 10: Diagrama de comunicação de seleção de dispositivo indicador (IDALINO et al., 2022, p. 26).....	25
Figura 11: Diagrama de comunicação de dados referentes ao último abastecimento (IDALINO et al., 2022, p. 28).....	26
Figura 12: Diagrama de comunicação de consulta de certificados digitais de dispositivos transdutores e assinaturas digitais de pacotes de dados de abastecimento (IDALINO et al., 2022, p. 29).....	27
Figura 13: Captura de tela: Visualização dos dados do abastecimento realizado.....	28
Figura 14: Diagrama de comunicação de manifestação (IDALINO et al., 2022, p. 31).	29
Figura 15: Diagrama de comunicação de envio de dados de abastecimento ao servidor (IDALINO et al., 2022, p. 33).....	30
Figura 16: Gráfico contendo respostas da pergunta 2 do questionário demográfico da	

primeira rodada de testes.....	36
Figura 17: Gráfico contendo respostas da pergunta 3 do questionário demográfico da primeira rodada de testes.....	37
Figura 18: Gráfico contendo respostas da pergunta 4 do questionário demográfico da primeira rodada de testes.....	38
Figura 19: Gráfico contendo respostas da pergunta 5 do questionário demográfico da primeira rodada de testes.....	39
Figura 20: Escala contendo pontuação SUS (BANGOR et al., 2013).....	40
Figura 21: Pontuação por cada pergunta do questionário SUS da primeira rodada de testes.....	41
Figura 22: Gráfico contendo respostas da pergunta 1 do questionário relacionado à segurança da primeira rodada de testes.....	43
Figura 23: Menu lateral original do Medida Inteligente.....	45
Figura 24: Gráfico contendo respostas da pergunta 3 do questionário relacionado à segurança da primeira rodada de testes.....	46
Figura 25: Gráfico contendo respostas da pergunta 4 do questionário relacionado à segurança da primeira rodada de testes.....	47
Figura 26: Gráfico contendo respostas da pergunta 5 do questionário relacionado à segurança da primeira rodada de testes.....	49
Figura 27: Gráfico contendo respostas da pergunta 6 do questionário relacionado à segurança da primeira rodada de testes.....	50
Figura 28: Termos de uso do Medida Inteligente.....	53
Figura 29: Tutorial do Medida Inteligente.....	54
Figura 30: Novo histórico de abastecimentos do Medida Inteligente.....	56
Figura 31: Nova tela inicial do Medida Inteligente.....	57
Figura 32: Nova tela de seleção de bomba do Medida Inteligente.....	58
Figura 33: Nova tela de seleção de bico do Medida Inteligente.....	59
Figura 34: Nova tela de resultado de verificação de abastecimento do Medida Inteligente.....	60
Figura 35: Todos os possíveis resultados de verificação de abastecimento do Medida Inteligente.....	60

Figura 36: Bottom sheet contendo explicação rápida do resultado da verificação de abastecimento.....	61
Figura 37: Nova disposição dos botões na tela de resultado de verificação de abastecimento.....	62
Figura 38: Nova tela mais detalhes do abastecimento e nova tela contendo resposta do verificador e certificado digital na íntegra.....	63
Figura 39: Gráfico contendo respostas da pergunta 2 do questionário demográfico da segunda rodada de testes.....	66
Figura 40: Gráfico contendo respostas da pergunta 3 do questionário demográfico da segunda rodada de testes.....	67
Figura 41: Gráfico contendo respostas da pergunta 4 do questionário demográfico da segunda rodada de testes.....	68
Figura 42: Gráfico contendo respostas da pergunta 5 do questionário demográfico da segunda rodada de testes.....	69
Figura 43: Escala contendo nova pontuação SUS (BANGOR et al., 2013).....	70
Figura 44: Pontuação por cada pergunta do questionário SUS da segunda rodada de testes.....	71
Figura 45: Gráfico contendo respostas da pergunta 1 do questionário relacionado à segurança da segunda rodada de testes.....	73
Figura 46: Gráfico contendo respostas da pergunta 3 do questionário relacionado à segurança da segunda rodada de testes.....	76
Figura 47: Gráfico contendo respostas da pergunta 4 do questionário relacionado à segurança da segunda rodada de testes.....	76
Figura 48: Gráfico contendo respostas da pergunta 5 do questionário relacionado à segurança da segunda rodada de testes.....	77
Figura 49: Gráfico contendo respostas da pergunta 6 do questionário relacionado à segurança da segunda rodada de testes.....	78

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Aplicações das heurísticas de Nielsen no Medida Inteligente.....	64
--	----

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	1
1.1 JUSTIFICATIVA.....	2
1.2 OBJETIVOS.....	3
1.2.1 Objetivo geral.....	3
1.2.2 Objetivos específicos.....	3
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	4
2.1 Usabilidade.....	4
2.1.1 Usabilidade tradicional vs mobile.....	4
2.2 Modelo de usabilidade.....	5
2.3 Formas de medir usabilidade.....	7
2.4 Tamanho de amostra para medição de usabilidade.....	10
2.5 Segurança e criptografia.....	12
2.5.1 Criptografia.....	12
2.5.2 Assinatura digital.....	12
2.5.3 Certificado digital.....	13
3 TRABALHOS CORRELATOS.....	15
3.1 Evaluation of the usability of a mobile application in early detection of pediatric cancer.....	15
3.2 On the Usability of User Interfaces for Secure Website Authentication in Browsers.....	16
3.3 Definição de uma infraestrutura de teste de usabilidade em aplicativos móveis	17
4 APLICATIVO MEDIDA INTELIGENTE.....	19
4.1 Acesso ao aplicativo.....	19
4.2 O que é o sistema Medida Inteligente?.....	19
4.3 Comunicação entre o aplicativo móvel e a bomba de combustível.....	20
5 METODOLOGIA.....	31
5.1 Planejamento.....	31

5.2	Submissão ao Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos (CEPSH)...	32
5.3	Execução da primeira rodada de testes de usabilidade e coleta de dados....	33
5.4	Implementação de melhorias em código.....	34
5.5	Execução da segunda rodada de testes de usabilidade e coleta de dados...	34
6	RESULTADOS E DISCUSSÃO DA PRIMEIRA RODADA DE TESTES.....	35
6.1	Apresentação e discussão dos resultados.....	35
6.1.1	Questões demográficas.....	35
6.1.2	Questões SUS (System Usability Scale).....	39
6.1.3	Questões relacionadas à segurança.....	42
6.2	Conclusão da primeira rodada de testes.....	54
7	MODIFICAÇÕES NO APLICATIVO APÓS PRIMEIRA RODADA DE TESTES....	55
7.1	Ajustes na tela inicial.....	55
7.2	Mudanças no Layout de Navegação.....	56
7.3	Padronização das Telas de Seleção de Bombas de Combustível.....	57
7.4	Padronização do pop up contendo bicos da bomba de combustível.....	58
7.5	Aperfeiçoamento da Exibição dos Resultados de Abastecimento.....	59
7.6	Melhorias na Tela de Detalhes do Abastecimento.....	62
	Tabela 1: Aplicações das heurísticas de Nielsen no Medida Inteligente..	
	64	
8	RESULTADOS E DISCUSSÃO DA SEGUNDA RODADA DE TESTES.....	65
8.1	Apresentação e discussão dos resultados.....	65
8.1.1	Questões demográficas.....	65
8.1.2	Questões SUS (System Usability Scale).....	69
8.1.3	Questões relacionadas à segurança.....	72
9	CONCLUSÃO.....	84
	REFERÊNCIAS.....	87
	APÊNDICE A – Questionário a ser utilizado nos testes de usabilidade.....	91
	APÊNDICE B – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.....	94
	APÊNDICE C – Respostas dos questionários da primeira e segunda rodada de	

testes.....	97
APÊNDICE D – Artigo.....	98

1 INTRODUÇÃO

O mercado de dispositivos móveis tem crescido ano após ano, isto se explica pela evolução das capacidades de hardware destes aparelhos e a complexidade dos seus sistemas operacionais e aplicações (COSTA et al., 2019). O que antes eram simples celulares, evoluíram para smartphones que agora oferecem uma ampla gama de funcionalidades, indo muito além das tradicionais ligações e mensagens de texto. Atualmente, eles servem como plataformas para entretenimento, incluindo filmes, séries e jogos, além de desempenhar um papel fundamental em áreas como monitoramento de saúde, redes sociais e transporte, entre muitos outros. Os dispositivos móveis tornaram-se intrínsecos à vida moderna.

Diante desse cenário, o Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (Inmetro), em parceria com a Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), está trabalhando em uma iniciativa verdadeiramente inovadora. Com o propósito de combater as práticas fraudulentas nos postos de combustíveis, o projeto Medida Inteligente oferece aos consumidores finais a oportunidade de utilizar seus celulares para monitorar cada abastecimento realizado, conforme divulgado pela Agência Brasil (2021). Isso é possível por meio de um aplicativo que se conecta via Bluetooth à bomba de combustível, permitindo a realização de minuciosas verificações dos dados de cada abastecimento. Após cada leitura, o aplicativo fornece aos usuários um resultado que aponta a presença ou ausência de qualquer irregularidade. Caso haja indícios de fraude, o sistema oferece a opção de denunciar diretamente por meio do aplicativo.

O potencial desse projeto para fortalecer significativamente a capacidade de fiscalização do sistema de combustíveis brasileiro é inegável. Entretanto, o sucesso da iniciativa está ligado de forma direta a um fator crucial: a participação ativa da população fiscalizando abastecimentos e realizando denúncias por meio do sistema. Para que isso aconteça, é necessário que o aplicativo móvel possua um nível satisfatório de usabilidade. Usabilidade pode ser definida como "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." (ISO/IEC 9241-210, 1998). A importância da usabilidade de aplicativos móveis tornou-se um tópico de destaque nos últimos anos, justamente porque muitas das aplicações populares ainda continuam difíceis de usar (HUANG

et al., 2022). A usabilidade de aplicativos móveis é especialmente importante para uma experiência de usuário positiva (HUANG et al., 2022), afetando diretamente a satisfação, a produtividade e a retenção de usuários em aplicativos móveis. Um aplicativo com boa usabilidade não apenas atrai e retém usuários, mas também impacta significativamente a eficácia e eficiência das tarefas realizadas.

Para a realização deste trabalho, foi desenvolvida uma análise focada nos aspectos que influenciam a interação do usuário com a plataforma. A partir de testes de usabilidade conduzidos em duas etapas com usuários representativos, este estudo identificou pontos de melhoria no aplicativo. Com base em métricas estabelecidas, que serão abordadas em maior detalhe ao longo do texto, e no feedback dos participantes, foram propostas e implementadas modificações que incrementaram o nível de usabilidade do Medida Inteligente.

1.1 JUSTIFICATIVA

A importância da usabilidade em aplicativos móveis não pode ser subestimada, sendo um diferencial crucial que pode determinar o sucesso ou fracasso de um aplicativo. A usabilidade impacta diretamente a satisfação do usuário: um aplicativo fácil de usar e intuitivo proporciona uma experiência positiva, o que pode resultar em avaliações favoráveis, recomendações boca a boca e, conseqüentemente, um aumento na base de usuários. Além disso, a usabilidade é vital para a retenção dos usuários. Aplicativos que exigem menos esforço para realizar tarefas são mais propensos a serem utilizados regularmente, evitando a frustração e o abandono por parte dos usuários.

No contexto específico do combate às fraudes no setor de abastecimento de combustíveis no Brasil, a usabilidade desempenha um papel ainda mais fundamental. Aplicativos como o Medida Inteligente, que monitoram abastecimentos e detectam possíveis fraudes, precisam ser altamente acessíveis e eficientes para cumprir seu papel com eficácia. Se os usuários considerarem o aplicativo difícil de usar, podem não conseguir realizar verificações importantes ou acessar funcionalidades vitais, fazendo com que a adesão do aplicativo seja baixa e, conseqüentemente, comprometendo a eficácia do sistema de fiscalização. Além disso, diagnósticos incorretos de fiscalização podem resultar em um aumento de

denúncias improcedentes, sobrecarregando o trabalho do setor de denúncias e fiscalização e afetando a eficiência do projeto.

Assim, um aplicativo com um alto padrão de usabilidade pode transformar-se em um grande aliado na promoção da transparência e segurança no setor de combustíveis, contribuindo para a integridade dos dados gerados em cada abastecimento e para a eficácia das notificações em casos de suspeita de fraude. Isso, por sua vez, pode impactar positivamente o custo de vida, assegurando que o consumidor pague apenas pelo combustível que realmente recebe e protegendo seus direitos. Em um país como o Brasil, onde o transporte rodoviário predomina, esse fator ganha ainda mais relevância, tornando a usabilidade do Medida Inteligente essencial para seu sucesso e para a promoção da transparência e da fiscalização no setor de combustíveis.

1.2 OBJETIVOS

Nesta seção serão apresentados os objetivos, geral e específicos, que se pretende atingir no andamento deste trabalho.

1.2.1 Objetivo geral

Avaliar e aperfeiçoar a usabilidade do aplicativo móvel Medida Inteligente.

1.2.2 Objetivos específicos

- Identificar as melhores práticas de análise de usabilidade de aplicativos móveis através de uma revisão da literatura.
- Realizar testes de usabilidade com um grupo de usuários representativo, observando como eles interagem com o aplicativo em tarefas específicas.
- Identificar os principais problemas de usabilidade do aplicativo.
- Implementar em código melhorias de usabilidade com base nos testes realizados.
- Obter uma melhora mensurável do nível de usabilidade do aplicativo.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Nesta seção, são apresentados os princípios e conceitos fundamentais para a compreensão da teoria de usabilidade, com enfoque em aplicativos móveis. Além disso, será apresentado o modelo teórico de usabilidade de Nielsen, publicado em 1994 e utilizado neste estudo como guia. Será detalhada uma das formas mais tradicionais e conhecidas para mensuração de usabilidade de sistemas digitais, incluindo aplicativos móveis, o *System Usability Scale* (SUS). Serão abordadas formas para encontrar um número ideal de participantes em uma avaliação de usabilidade, como a que este trabalho se dispõe a realizar. Além disso, será explorada a interseção entre usabilidade e segurança, dando prioridade aos termos relacionados a criptografia que são empregados no sistema Medida Inteligente.

2.1 Usabilidade

A usabilidade é um conceito central no desenvolvimento de sistemas e produtos tecnológicos, especialmente em aplicativos móveis. A usabilidade é a capacidade de um produto de software ser compreendido pelos utilizadores, aprendido pelos utilizadores, operado pelos utilizadores e atraente para os utilizadores (HUANG et al., 2022). Segundo a norma ISO/IEC 9241-210, usabilidade é definida como "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." Essa última definição destaca três aspectos essenciais da usabilidade: eficácia, que se refere à precisão e completude com que os usuários atingem seus objetivos; eficiência, que está relacionada aos recursos gastos em relação à precisão e completude dos objetivos alcançados; e satisfação, que envolve o conforto e a aceitabilidade do sistema pelos usuários. Em outras palavras, um aplicativo é considerado usável se permite que os usuários realizem suas tarefas de maneira rápida, precisa e com uma experiência agradável.

2.1.1 Usabilidade tradicional vs mobile

As diferenças entre a usabilidade de um website, normalmente referida como usabilidade "tradicional" no contexto de sistemas eletrônicos, e a usabilidade de uma aplicação móvel podem ser vistas em termos de flexibilidade, design responsivo e padrões de desenvolvimento de sistemas (HUANG et al., 2022). No que diz respeito

à flexibilidade, a usabilidade de um website se concentra em grande parte no fornecimento de uma variedade de serviços que podem ser realizados num ambiente de trabalho estático tradicional. No entanto, a usabilidade móvel preocupa-se mais com a garantia de que os utilizadores possam realizar várias tarefas enquanto estão em movimento (HUANG et al., 2022). Essa capacidade de atender às necessidades dinâmicas dos usuários móveis é essencial para reter usuários e evitar a frustração e o abandono de aplicativos.

2.2 Modelo de usabilidade

Entre os vários modelos teóricos que orientam a avaliação e o design de interfaces usáveis, o modelo de usabilidade de Nielsen (1993) se destaca pela sua influência e aplicabilidade. Além disso, ele é considerado um modelo simples e amplamente utilizado na área de usabilidade (ALZHRANI et al.). Para Nielsen, usabilidade é um atributo de qualidade que avalia a facilidade de uso de uma interface, sendo definida por cinco componentes (NIELSEN, 2012):

1. **Capacidade de aprendizagem:** a facilidade de utilizar o sistema pela primeira vez;
2. **Eficiência:** rapidez para executar as tarefas;
3. **Memorização:** o processo de lembrar como utilizar o sistema, após um tempo sem utilizar;
4. **Erros:** ausência de erros apresentados pelo sistema;
5. **Satisfação:** design agradável.

Este modelo é baseado em dez heurísticas que servem como diretrizes para o design de interfaces (NIELSEN, 1994):

1. **Visibilidade do Status do Sistema:** o design deve manter sempre os utilizadores informados sobre o que se passa, através de um feedback adequado num período de tempo razoável;
2. **Compatibilidade entre o sistema e o mundo real:** o design deve falar a língua dos utilizadores. Utilizar palavras, frases e conceitos familiares ao utilizador, em vez de jargão interno. Seguir as convenções do mundo real, fazendo com que a informação apareça numa ordem natural e lógica;

3. **Controle e liberdade para o usuário:** os utilizadores executam frequentemente ações por engano. Precisam de uma "saída de emergência" claramente assinalada para abandonarem a ação não desejada sem terem de passar por um processo mais longo;
4. **Consistência e Padronização:** os utilizadores não devem ter de se questionar se palavras, situações ou ações diferentes significam a mesma coisa;
5. **Prevenção de erros:** boas mensagens de erro são importantes, mas os melhores designs evitam cuidadosamente a ocorrência de problemas. Eliminar as condições propensas a erros ou verificar e apresentar aos utilizadores uma opção de confirmação antes de se comprometerem com a ação;
6. **Reconhecimento em vez de memorização:** minimizar a carga de memória do utilizador, tornando visíveis os elementos, as ações e as opções. O utilizador não deve ter de se lembrar de informações de uma parte da interface para outra. As informações necessárias para utilizar o design (por exemplo, campos de texto ou itens de menu) devem ser visíveis ou facilmente recuperáveis quando necessário;
7. **Eficiência e flexibilidade de uso:** os atalhos - ocultos aos utilizadores principiantes - podem acelerar a interação para o utilizador experiente, de modo a que o design possa servir tanto aos utilizadores inexperientes como aos experientes;
8. **Estética e design minimalista:** as interfaces não devem conter informações irrelevantes ou raramente necessárias. Cada unidade extra de informação numa interface compete com as unidades de informação relevantes e diminui a sua visibilidade relativa;
9. **Ajuda aos usuários a reconhecerem, diagnosticarem e recuperarem-se de erros:** as mensagens de erro devem ser expressas em linguagem simples (sem códigos de erro), indicando exatamente o problema e sugerindo uma solução de forma construtiva;
10. **Ajuda e documentação:** é preferível que o sistema não necessite de qualquer explicação adicional. No entanto, pode ser necessário fornecer

documentação para ajudar os utilizadores a compreender como realizar as suas tarefas.

O modelo de Nielsen enfatiza a importância de criar interfaces intuitivas que se alinhem com as expectativas e experiências dos usuários, facilitando a realização de tarefas com o mínimo de esforço e frustração. A aplicação dessas heurísticas em aplicativos móveis é especialmente relevante, dado o ambiente de uso dinâmico e a variedade de dispositivos disponíveis. Cada heurística oferece um ponto de verificação específico que pode ser utilizado para identificar e corrigir problemas de usabilidade, garantindo que o aplicativo cumpra sua função com maestria.

2.3 Formas de medir usabilidade

Existem dois métodos gerais de avaliação da usabilidade: a avaliação pelo utilizador e a inspeção por peritos (HAJESMAEEL-GOHARI et al., 2022). Este trabalho se concentra na primeira opção. Dentro das formas de avaliar a usabilidade de um sistema utilizando participantes que fazem parte do público-alvo, uma das mais utilizadas e reconhecidas é o questionário padrão System Usability Scale (SUS). Originalmente desenvolvido em 1986 por John Brooke na Digital Equipment Corporation, no Reino Unido (CHEAH et al., 2023), o SUS é uma ferramenta simples e eficaz que permite avaliar a usabilidade de uma vasta gama de produtos e serviços, incluindo interfaces de usuário de software, hardware e aplicativos móveis. A simplicidade e a versatilidade do SUS fazem dele um dos métodos mais populares entre profissionais de usabilidade. Este questionário mede três aspectos importantes. O primeiro é a eficácia na utilização da aplicação, onde é medida a capacidade dos usuários em atingir os seus objetivos. O segundo aspecto é a eficiência, que mede quanto esforço e recursos do usuário são despendidos para atingir esses objetivos. O terceiro aspecto é a satisfação, que diz respeito ao quão satisfatória é a experiência do usuário (CHEAH et al., 2023).

O SUS consiste em um questionário de dez itens, com cinco opções de resposta cada (BOUCINHA et al., 2013), que os usuários respondem após interagir com o sistema ou aplicativo em questão. As perguntas são:

- 1. Eu acho que gostaria de usar esse sistema com frequência.**

2. **Eu acho o sistema desnecessariamente complexo.**
3. **Eu achei o sistema fácil de usar.**
4. **Eu acho que precisaria de ajuda de uma pessoa com conhecimentos técnicos**
5. **Eu acho que as várias funções do sistema estão muito bem integradas.**
6. **Eu acho que o sistema apresenta muita inconsistência.**
7. **Eu imagino que as pessoas aprenderão como usar esse sistema rapidamente.**
8. **Eu achei o sistema atrapalhado de usar.**
9. **Eu me senti confiante ao usar o sistema.**
10. **Eu precisei aprender várias coisas novas antes de conseguir usar o sistema.**

Cada item é uma afirmação que os usuários avaliam em uma escala Likert de cinco pontos, variando de "Discordo totalmente" a "Concordo totalmente" (BOUCINHA et al., 2013), como observado na Figura 1. Analisando o questionário, as afirmações ímpares são de natureza positiva, em que a resposta "Concordo totalmente" seria a melhor possível. Isso pode ser visto também na Figura 1, que exibe a primeira pergunta do questionário SUS. Por sua vez, as afirmações pares têm natureza negativa, em que a resposta "Discordo totalmente" seria a melhor possível. O questionário é estruturado dessa maneira para amenizar o impacto da participação de candidatos que fornecem respostas uniformes a todas as perguntas, como por exemplo responder que concorda totalmente com todas as afirmações sem ao menos lê-las. O objetivo é capturar uma impressão geral da experiência do usuário de maneira rápida e eficiente.

	Strongly disagree						Strongly agree
1. I think that I would like to use this system frequently							
	1	2	3	4	5		

Figura 1: Exemplo de pergunta do questionário SUS (BOUCINHA et al., 2013)

O resultado do SUS é a soma da contribuição individual de cada item. Para os itens ímpares deve-se subtrair 1 à resposta do usuário, ao passo que para os itens pares o score é 5 menos a resposta do usuário. Depois de obter o score de cada item, somam-se os scores e multiplica-se o resultado por 2,5. Desta forma, o resultado obtido será um índice de satisfação do utilizador (que varia de 0 a 100) (BOUCINHA et al., 2013). Há um estudo, proposto por pesquisadores ingleses, onde foi desenvolvida uma escala, exibida na Figura 2, que classifica um sistema de acordo com sua pontuação:

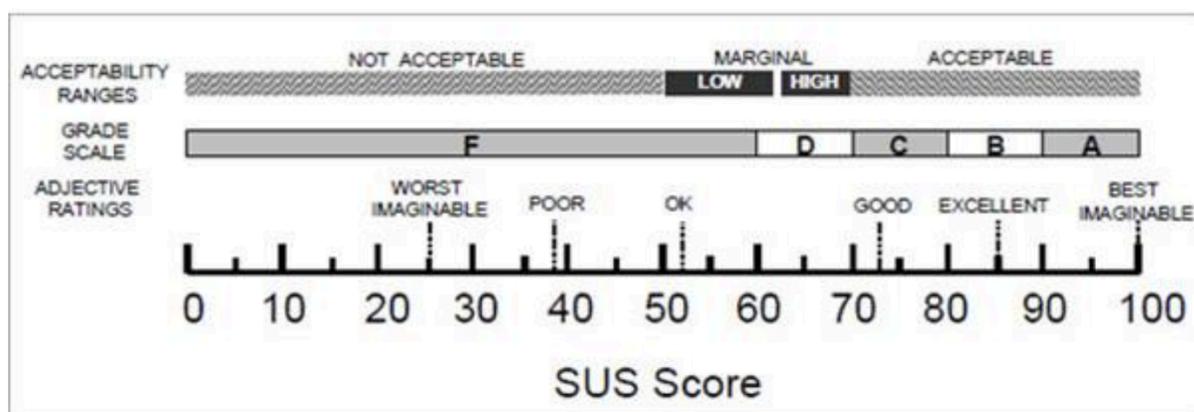


Figura 2: Escala contendo pontuação SUS (BANGOR et al., 2013)

Segundo essa escala, um sistema avaliado pelo SUS pode ser classificado em seis categorias diferentes:

- **0 - 25:** Pior imaginável;
- **26 - 38:** Ruim;
- **39 - 52:** Ok;
- **53 - 73:** Bom;
- **74 - 85:** Excelente;
- **86 - 100:** Melhor imaginável.

É possível fazer uma relação entre as dez perguntas do questionário SUS com os cinco componentes de qualidade indicados por Nielsen (BOUCINHA et al., 2013):

- **Facilidade de aprendizagem:** 3, 4, 7 e 10;
- **Eficiência:** 5, 6 e 8;
- **Facilidade de memorização:** 2;

- **Minimização dos erros:** 6;
- **Satisfação:** 1, 4, 9.

O SUS é valioso porque oferece uma medida padronizada que pode ser facilmente comparada entre diferentes estudos e contextos. Ele fornece uma avaliação quantitativa da usabilidade, permitindo que os desenvolvedores identifiquem rapidamente problemas críticos e áreas que necessitam de melhorias.

2.4 Tamanho de amostra para medição de usabilidade

A determinação do número adequado de entrevistados em estudos de usabilidade é um tema amplamente debatido e polêmico na literatura. Embora não exista um número "perfeito" que se aplique universalmente a todos os projetos, é consenso que cada projeto tem suas particularidades, que devem ser levadas em consideração ao decidir o tamanho da amostra. A decisão sobre o número de participantes depende de vários fatores, incluindo o objetivo do estudo, a complexidade do sistema e os recursos disponíveis.

Em 1993, Jakob Nielsen, renomado especialista em usabilidade, publicou um estudo intitulado "A Mathematical Model of the Finding of Usability Problems" (NIELSEN et al., 1993). O artigo apresenta um modelo matemático baseado em um processo de Poisson. O modelo apresentado é utilizado para prever o número total de problemas de usabilidade em uma interface durante o processo de avaliação, mesmo que todos os problemas ainda não tenham sido identificados. Para isso, Nielsen assume que o achado de um problema de usabilidade é um evento independente, isto é, o achado de um problema não afeta o achado de outro problema. Este modelo é aplicado a estudos empíricos de testes de usuário e avaliação heurística, com especialistas em usabilidade.

Além disso, o artigo discute como usar o modelo para fazer estimativas *a priori* do número ótimo de avaliadores ou usuários de teste, com base nos custos e benefícios esperados. Os resultados do modelo utilizado são apresentados com base em três grupos, que representam tamanhos de projeto: pequeno, médio e grande. Para projetos pequenos, são recomendados 9 testadores em caso de avaliação heurística e 7 testadores para testes de usuário. Já para projetos médios, são recomendados 16 testadores em caso de avaliação heurística e 15 testadores para testes de usuário. E para projetos grandes, são recomendados 21

testadores em caso de avaliação heurística e 20 testadores para testes de usuário. Essas estimativas são úteis para decidir quando interromper os testes de usabilidade.

Baseando-se neste estudo de 1993, Nielsen escreveu em 2000 o artigo "Why You Only Need to Test with 5 Users" (NIELSEN., 2000), onde defende a realização de testes de usabilidade em etapas. Ele sugere que, ao invés de testar com quinze participantes de uma vez para identificar 100% dos problemas, é mais eficiente realizar três ciclos de testes com cinco participantes cada. Cada ciclo permite identificar problemas e implementar melhorias, gerando novas visões a cada rodada.

Apesar das propostas de Nielsen, muitos pesquisadores consideraram o número de cinco participantes baixo demais para certos tipos de estudos, especialmente aqueles que buscam resultados quantitativos. Em 2006, estudos como "Determining Usability Test Sample Size" (TURNER et al., 2006) propuseram métodos mais detalhados para calcular o número ideal de participantes, levando em conta a média da porcentagem de erros encontrados por cada participante. Outro guia prático, "How To Specify the Participant Group Size for Usability Studies: A Practitioner's Guide", de autoria de Macefield (2009), sugere que para estudos comparativos onde se buscam resultados estatisticamente significativos, um tamanho de grupo entre 8 e 25 participantes é geralmente válido, com 10 a 12 sendo uma base sensata. Além disso, recomenda a análise incremental dos dados após cada grupo de participantes.

Em 2012, Nielsen revisitou o tema no artigo "How Many Test Users in a Usability Study?" (NIELSEN., 2012). Ele reafirmou que cinco participantes podem ser suficientes para estudos qualitativos que visam obter ideias e identificar problemas de usabilidade. No entanto, para estudos com foco em resultados quantitativos, como aqueles que utilizam o System Usability Scale (SUS), Nielsen recomenda testar com pelo menos 20 usuários para obter números estatisticamente significativos, sendo necessário um número ainda maior para intervalos de confiança mais estreitos.

Considerando a literatura e as particularidades do presente trabalho, uma abordagem equilibrada seria utilizar quinze participantes em cada uma das duas etapas de entrevistas, totalizando 30 participantes diferentes. Este número permite

um bom equilíbrio entre profundidade qualitativa e significância quantitativa, garantindo que tanto problemas de usabilidade sejam identificados quanto resultados estatisticamente relevantes sejam alcançados.

2.5 Segurança e criptografia

A compreensão de termos relacionados à segurança é fundamental no desenvolvimento de aplicativos móveis, especialmente para aqueles que lidam com dados sensíveis e necessitam garantir a integridade e confidencialidade das informações, como o aplicativo Medida Inteligente. Internamente, o aplicativo faz verificação de assinaturas digitais, que indicam a integridade e autenticidade das informações recebidas por *bluetooth*. Ou seja, a bomba de combustível assina digitalmente os dados que são externalizados e, para garantir que as informações que o usuário está lendo no aplicativo vieram de fato de uma bomba confiável, a aplicação faz uma verificação de assinatura e indica o resultado ao usuário. Portanto, é fundamental que a comunicação do resultado seja assertiva, para que não haja dúvidas acerca do resultado exibido ao usuário.

2.5.1 Criptografia

A criptografia é uma técnica fundamental para garantir a segurança da informação, transformando dados legíveis em um formato cifrado que só pode ser decifrado por aqueles que possuem a chave apropriada. A criptografia de chave pública, em particular, utiliza um par de chaves: uma chave pública, que pode ser compartilhada abertamente, e uma chave privada, que deve ser mantida em segredo. Essa abordagem permite que qualquer pessoa envie informações criptografadas usando a chave pública, mas apenas o detentor da chave privada pode decifrar essas informações (BUCHMANN., 2004).

2.5.2 Assinatura digital

Uma assinatura digital é um método criptográfico usado para garantir a autenticidade e integridade de mensagens, documentos ou, como no caso de um abastecimento no Medida Inteligente, dados digitais. Ela funciona através da

aplicação de um algoritmo que utiliza uma chave privada para gerar uma assinatura única e uma chave pública correspondente para verificar essa assinatura. Segundo Pooja (POOJA., 2018), “a assinatura digital pode ser descrita como um método de autenticação de dados, ou seja, para verificar se um documento provém efetivamente do remetente declarado e o seu conteúdo não foi alterado de forma alguma desde que a pessoa o criou”. Isso pode ser resumido em três fatores:

1. **Autenticação:** garante a origem do dado, permite identificar quem assinou o dado.
2. **Integridade:** refere-se à garantia de que o dado não foi modificado de qualquer forma.
3. **Não-repúdio:** fornece segurança contra a negação de autoria do dado.

2.5.3 Certificado digital

Um certificado digital é um documento eletrônico que autentica uma chave pública, atestando que ela pertence a quem o certificado afirma pertencer. Emitido por uma autoridade certificadora (AC), o certificado contém informações como o nome do titular, a chave pública associada e a assinatura digital da AC. Com o certificado digital, é possível verificar a confiabilidade das chaves públicas, criando um vínculo seguro para operações que requerem a autenticação e integridade de dados.

No projeto Medida Inteligente, os certificados digitais são usados para identificar de maneira segura os dispositivos envolvidos no processo de abastecimento, ou seja, as bombas de combustível. Cada bomba de combustível possui um dispositivo transdutor (dispositivo que realiza a medição de volume) que possui um certificado digital emitido por uma autoridade certificadora confiável. O certificado digital contém a chave pública do dispositivo e é utilizado para verificar a autenticidade das assinaturas digitais das bombas de combustível. Desta forma, o certificado digital também associa a bomba de combustível a um estabelecimento e garante que apenas dispositivos autorizados e verificados possam realizar e registrar abastecimentos válidos. O aplicativo, por sua vez, utiliza esse certificado digital para verificar a autenticidade e integridade do abastecimento. Uma verificação

inválida, por exemplo, pode indicar fraude no volume de combustível ou na autenticidade da bomba de combustível.

3 TRABALHOS CORRELATOS

Esta seção apresenta trabalhos relacionados a este, com o propósito de compreender com mais confiança e clareza como cada uma das técnicas e conceitos aqui apresentados são utilizados por outros autores na área de usabilidade. Foram analisados em específico os trabalhos de (CAVALCANTI et al., 2021), (PALA et al., 2019) e (CASTRO, 2017).

3.1 Evaluation of the usability of a mobile application in early detection of pediatric cancer

Cavalcanti et al. (2021) abordam o desenvolvimento e avaliação do aplicativo "Fique Atento, pode ser câncer", projetado para auxiliar profissionais de saúde na detecção precoce do câncer pediátrico. Este tipo de câncer é a principal causa de morte entre crianças e adolescentes no Brasil e frequentemente é diagnosticado tardiamente devido à semelhança dos sintomas com outras doenças comuns na infância.

O aplicativo, disponível para smartphones Android, contém informações abrangentes sobre câncer infantil, incluindo sinais e sintomas, procedimentos diagnósticos, tratamentos e cuidados necessários. Para avaliar a usabilidade do aplicativo, foi utilizada a Escala de Usabilidade de Sistemas (SUS), com participação de 19 enfermeiras especializadas em oncologia. As participantes consideraram o aplicativo fácil de usar, prático e útil no processo de ensino-aprendizagem, resultando em uma pontuação média SUS de 91.58, categorizando-o como de "melhor usabilidade imaginável".

As sugestões de melhorias incluíram a adição de informações sobre tratamentos quimioterápicos. O estudo conclui que o aplicativo é uma ferramenta promissora para melhorar a qualidade do atendimento na Atenção Primária à Saúde, facilitando a detecção precoce do câncer e contribuindo para um melhor prognóstico dos pacientes.

Este trabalho é relevante para a avaliação do aplicativo Medida Inteligente, pois demonstra que um processo estruturado de avaliação de usabilidade de aplicativos móveis, semelhante ao que este trabalho propõe, produz resultados palpáveis incluindo: escala de usabilidade, pontos que merecem atenção e

percepções do público-alvo, que podem orientar melhorias importantes no uso do sistema em questão.

3.2 On the Usability of User Interfaces for Secure Website Authentication in Browsers

Pala et al. (2019) investigam neste artigo a percepção dos usuários sobre as funcionalidades de segurança relacionadas a conexões seguras em navegadores web. Para entender essa percepção, foi realizado um estudo baseado em questionários e tarefas de navegação. Os participantes, selecionados entre estudantes de graduação e pós-graduação do departamento de ciência da computação, realizaram tarefas simples como fazer login em contas de e-mail e identificar sites maliciosos ou legítimos. Em seguida, responderam a questionários sobre as ações realizadas.

O estudo revelou que, embora a maioria dos participantes afirmasse procurar por indicadores de segurança no navegador, como o ícone de cadeado e o "https" na barra de endereço, a utilização correta dessas funcionalidades é baixa. Muitas vezes, os usuários não verificam adequadamente a segurança do site e confiam apenas na aparência do mesmo. Em experimentos, quase 70% dos participantes foram enganados por um site de phishing que imitava o sistema de autenticação da universidade.

Com base nesses resultados, os autores propuseram mudanças na interface dos navegadores para melhorar a usabilidade e a conscientização dos usuários sobre a segurança online. Foi desenvolvido um protótipo de extensão para o Firefox que fornece mensagens claras e ativas sobre o estado de segurança das conexões, exibidas diretamente na área de navegação onde a atenção do usuário está focada. A extensão permite personalizar mensagens de segurança e possibilita que os usuários adicionem imagens e frases personalizadas para facilitar a identificação de mensagens autênticas.

Os resultados preliminares dos testes com esta nova interface mostraram que ela ajuda os usuários a reconhecerem melhor os sites falsos e a tomarem decisões mais informadas sobre a segurança das conexões. No entanto, os autores reconhecem que mais estudos são necessários para validar completamente a

eficácia da nova interface e explorar como ela pode ser melhorada e implementada em outros navegadores.

Neste trabalho, é possível ver com clareza a importância de mensagens assertivas na comunicação entre software e usuário, principalmente tratando-se de segurança. Segundo o autor, “A falta de mensagens sobre a segurança do website permitiu-nos enganar com êxito a maioria da nossa população, mesmo sabendo que o serviço utilizado era bem conhecido pelos participantes”. Esse fato reforça a importância do aplicativo Medida Inteligente comunicar com precisão os resultados da leitura e verificação de integridade e autenticidade de dados de abastecimentos, de forma que esse processo não provoque confusão entre os usuários.

3.3 Definição de uma infraestrutura de teste de usabilidade em aplicativos móveis

Castro (2017) aborda as dificuldades de avaliação da usabilidade de aplicativos móveis em um contexto de uso próximo ao real. A infraestrutura CaptuDroid, proposta pelo autor, visa superar as limitações impostas pelos métodos tradicionais de testes em laboratório, especialmente no que diz respeito a preservar a naturalidade do uso de smartphones durante os testes. Em um cenário de crescente popularidade dos dispositivos móveis, a qualidade de design e usabilidade se tornam cada vez mais relevantes, porém os métodos tradicionais, comumente usados para sistemas desktop, não conseguem captar adequadamente a experiência dos usuários de dispositivos móveis, que envolve interações por toques, gestos e um ambiente de uso dinâmico.

O CaptuDroid busca evitar as limitações de abordagens convencionais, como o uso de câmeras fixas e gravações externas, adotando um sistema de coleta de dados direto no software do dispositivo. Essa abordagem elimina a necessidade de câmeras ou acessórios que poderiam interferir no contexto de uso, permitindo que o teste capture dados sobre a tela e gestos, além das expressões faciais dos usuários, sem comprometer a experiência natural de uso. Assim, o CaptuDroid viabiliza a coleta de dados em condições reais, o que ajuda a identificar e analisar problemas de usabilidade com mais precisão.

Na comparação com outras soluções comerciais e acadêmicas, Castro destaca limitações de custo e portabilidade de opções como o Mr. Tappy e o MOD

1000, que, apesar de permitirem certa mobilidade, incluem componentes físicos que dificultam a aplicação em campo. Alternativas de software, como o Userzoom, embora viáveis, demandam conexão constante com um computador e têm custos elevados, reduzindo sua acessibilidade e flexibilidade. A infraestrutura proposta, CaptuDroid, por funcionar totalmente via software, apresenta-se como uma alternativa de baixo custo e de fácil transporte, permitindo que o teste de usabilidade ocorra em diferentes ambientes e contextos de uso.

Este trabalho se mostra relevante para o presente estudo por compartilhar o objetivo de avaliar e aprimorar a usabilidade de um aplicativo móvel em condições reais, em testes com usuários representativos. A proposta de Castro fornece uma fundamentação teórica útil para estruturação das etapas de coleta e análise de dados, reforçando a importância de reproduzir o contexto real de uso e de adotar ferramentas que respeitem as características móveis. Esses elementos, centrais na análise de usabilidade, também orientam o presente estudo no desenvolvimento de uma abordagem orientada ao usuário e à melhoria da experiência no aplicativo Medida Inteligente.

4 APLICATIVO MEDIDA INTELIGENTE

Nesta seção, será detalhado o funcionamento do sistema Medida Inteligente, com foco no aplicativo do consumidor.

4.1 Acesso ao aplicativo

O sistema Medida Inteligente ainda está em fase de testes e validações, portanto ainda não foi lançado para o público geral. O autor deste trabalho fez parte da equipe de desenvolvimento do Medida Inteligente. Porém, para que o presente trabalho pudesse ser executado com a devida autorização de utilização do aplicativo, foi realizada a assinatura de um termo de confidencialidade. Esse contrato foi estabelecido entre o autor e as instituições responsáveis pelo projeto, LabSEC e Inmetro.

4.2 O que é o sistema Medida Inteligente?

O sistema Medida Inteligente - INMETRO foi desenvolvido pelo Laboratório de Segurança em Computação (LabSEC) da Universidade Federal de Santa Catarina para promover a comunicação com as novas bombas medidoras de combustíveis líquidos (Olhar Digital, 2023). O sistema é composto por dois aplicativos mobile e um servidor. Um dos aplicativos mobile é destinado a usuários consumidores finais, que é o foco deste estudo, e o outro a usuários fiscais. Enquanto o servidor é responsável por armazenar os dados que são enviados por ambos os aplicativos (IDALINO et al., 2022, p. 5). Externamente, existem ainda três componentes que interagem com o sistema: a bomba de combustível, o verificador de conformidades e o SGI-INMETRO. A versão do Medida Inteligente disponibilizada para este trabalho não utiliza o verificador de conformidades. As verificações são feitas localmente no smartphone em que o aplicativo está instalado. A bomba de combustível é o componente que gera os dados que alimentam o sistema. Enquanto o SGI-INMETRO fornece o sistema de autenticação para os usuários fiscais (IDALINO et al., 2022, p. 7). O diagrama de componentes pode ser visto na Figura 3.

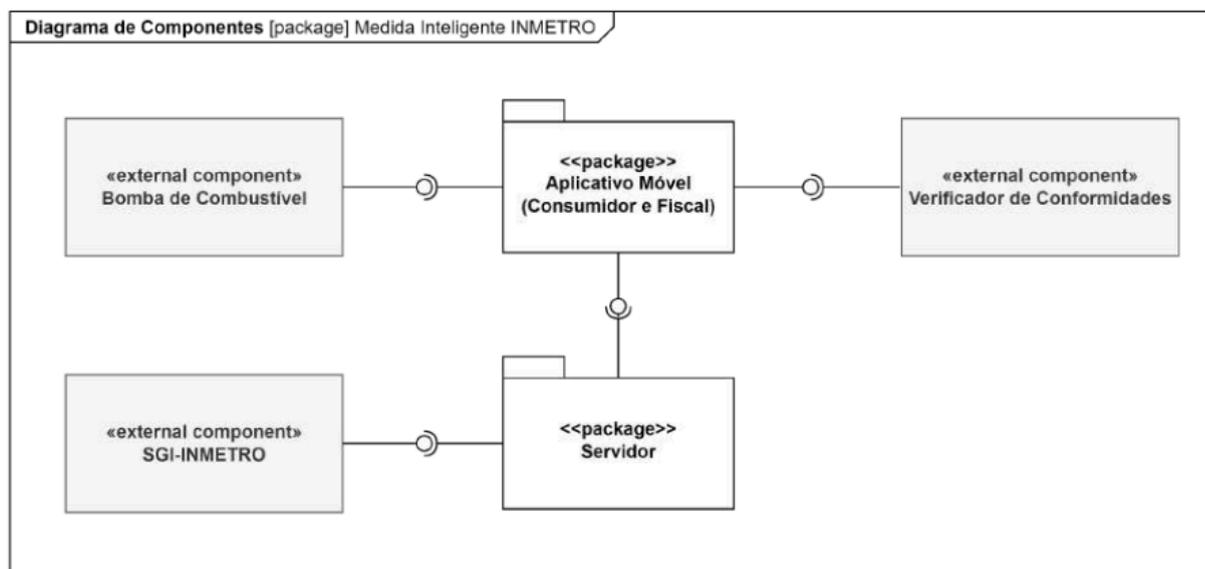


Figura 3: Diagrama de componentes Medida Inteligente (IDALINO et al., 2022, p. 8)

Os aplicativos móveis permitem conectar-se à bombas de combustíveis e obter dados dos objetos metrológicos e de abastecimentos. Através dos aplicativos móveis também é possível enviar os dados para serem registrados no servidor. O servidor, por sua vez, mantém uma base de dados para os certificados digitais, as informações dos objetos metrológicos e os registros metrológicos. Por fim, estes dados podem ser consultados através de uma API que é disponibilizada pelo servidor (IDALINO et al., 2022, p. 7).

4.3 Comunicação entre o aplicativo móvel e a bomba de combustível

Ao optar por realizar uma nova leitura, o aplicativo procede automaticamente à verificação das permissões de uso do Bluetooth e inicia o escaneamento das bombas de combustível nas proximidades. Concluído o escaneamento, o aplicativo apresenta ao usuário uma lista das bombas de combustível detectadas. Esta lista é exibida na tela do aplicativo, permitindo que o usuário selecione a bomba de combustível utilizada para o abastecimento. Nesse instante, o smartphone do usuário se conectará à bomba de combustível selecionada por meio da conexão Bluetooth (IDALINO et al., 2022, p. 21). Essa sequência de ações pode ser visualizada em capturas de tela do aplicativo, na Figura 4 e no diagrama de comunicação, na Figura 5.

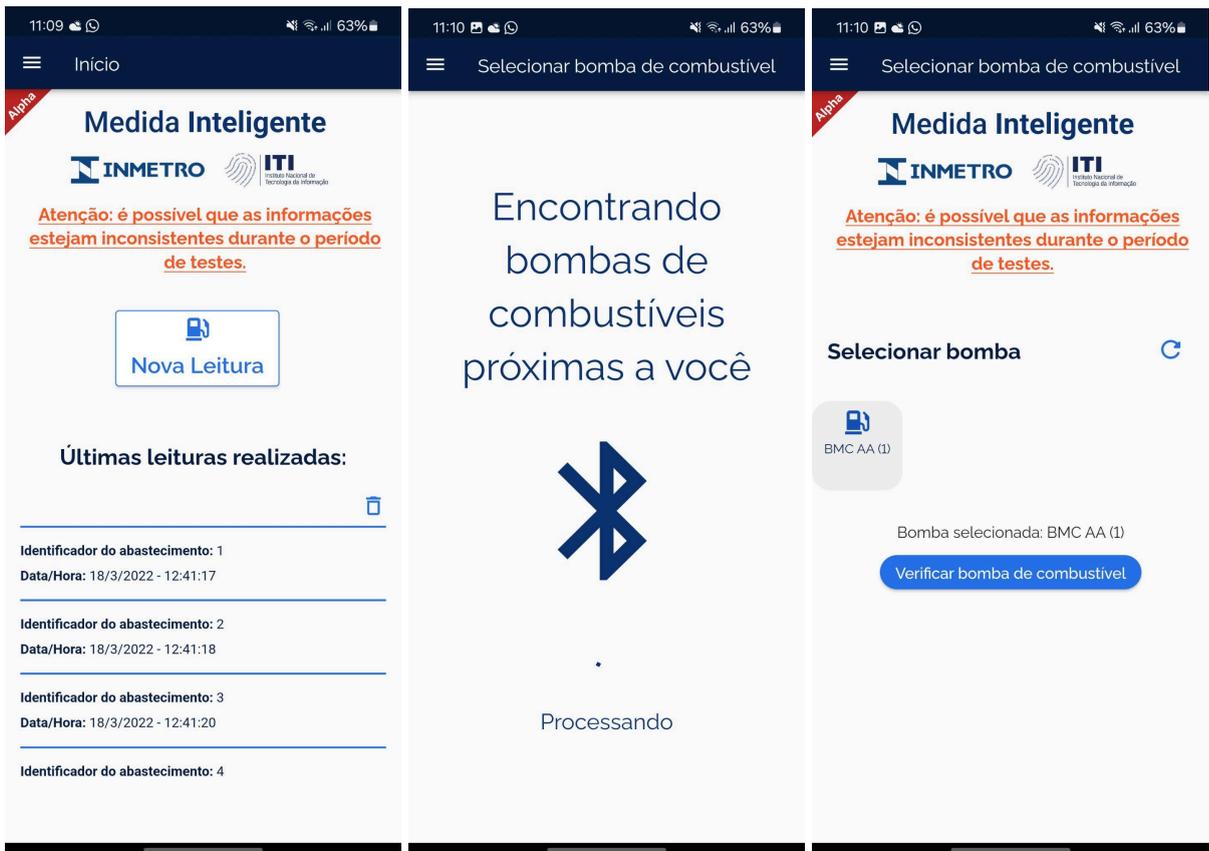


Figura 4: Capturas de tela: inicial, encontrando bombas de combustível e bombas de combustível encontradas

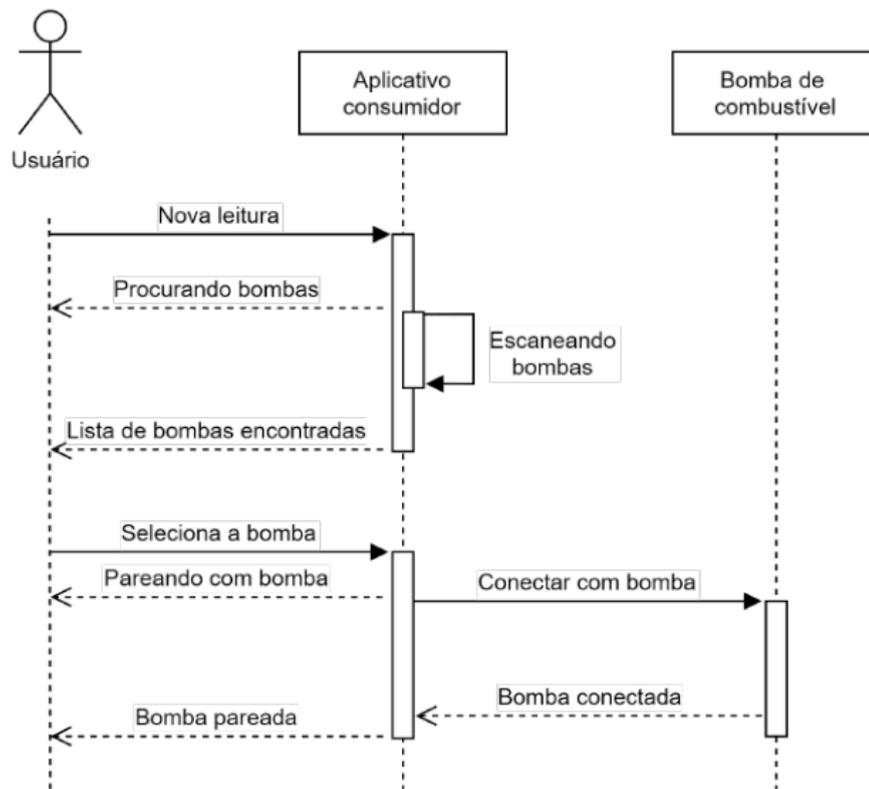


Figura 5: Diagrama de comunicação de nova leitura e seleção de bomba de combustível (IDALINO et al., 2022, p. 22)

Após a seleção da bomba de combustível, o aplicativo procede à consulta de informações essenciais do equipamento, tais como a identificação do fabricante, o modelo e o número de série (IDALINO et al., 2022, p. 22). Isso pode ser verificado na figura 6.

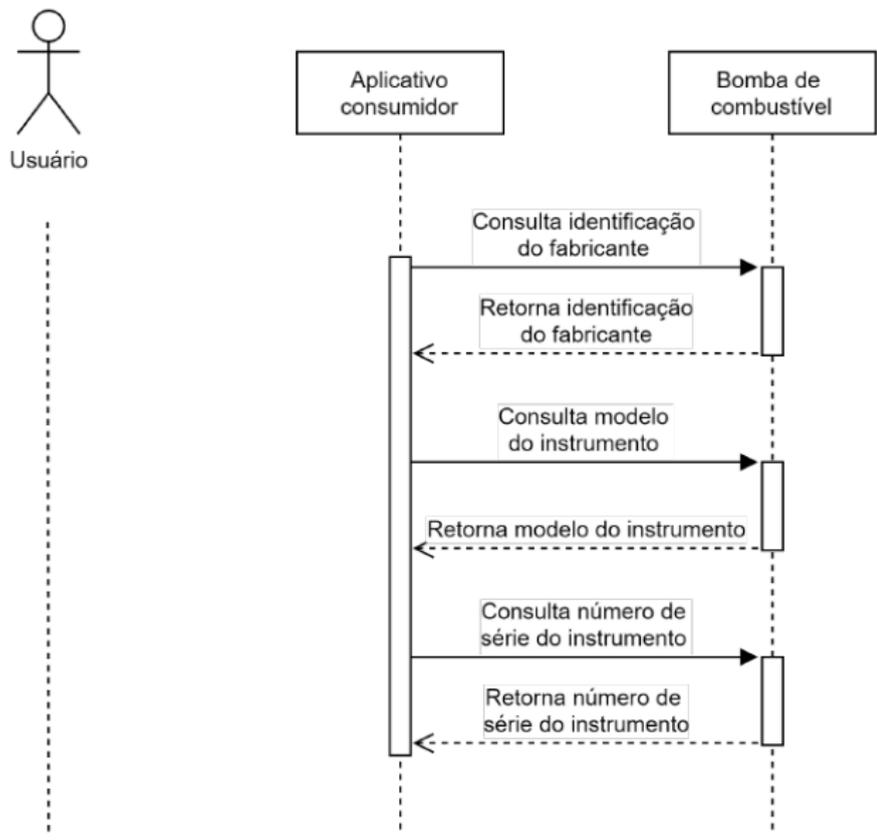


Figura 6: Diagrama de comunicação de informações essenciais do equipamento (IDALINO et al., 2022, p. 23)

Em seguida, como visto na Figura 7, o aplicativo verifica o número de dispositivos instalados na bomba de combustível, incluindo indicadores e transdutores (IDALINO et al., 2022, p. 24).

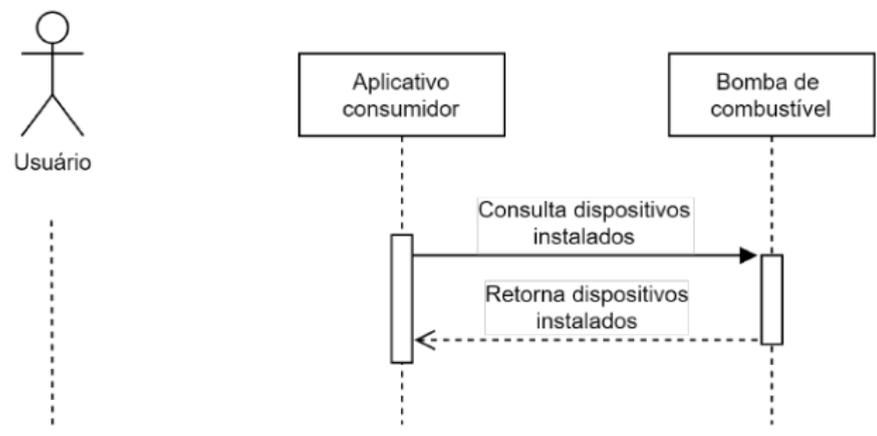


Figura 7: Diagrama de comunicação de dispositivos instalados (IDALINO et al., 2022, p. 24)

Posteriormente, o aplicativo utiliza o número de série obtido anteriormente para consultar no servidor a que estabelecimento a bomba de combustível está vinculada, como exibido na Figura 8. Os dados do estabelecimento são apresentados ao usuário para que ele possa verificar a vinculação do equipamento. Essa consulta é realizada por meio da API do servidor. Caso o smartphone esteja sem conexão com a Internet, a consulta não será realizada e a seção do aplicativo destinada a exibir esses dados será ocultada (IDALINO et al., 2022, p. 25).

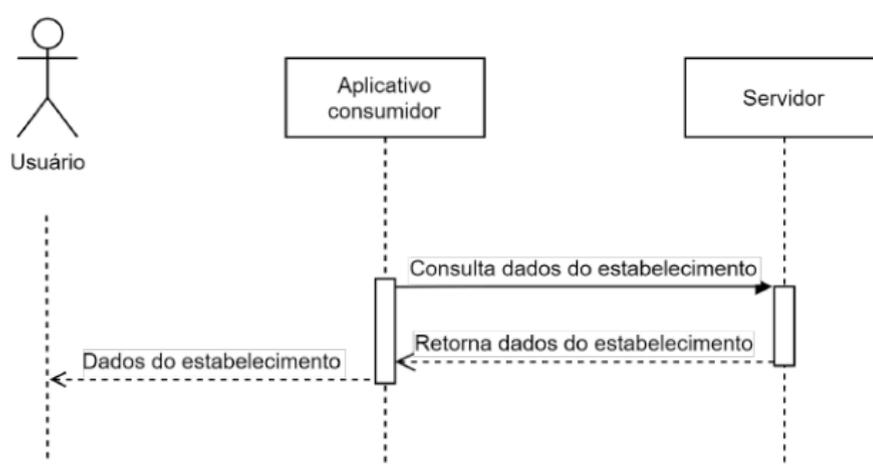


Figura 8: Diagrama de comunicação de dados do estabelecimento (IDALINO et al., 2022, p. 25)

Na etapa seguinte, o usuário é solicitado a informar o dispositivo indicador utilizado durante o abastecimento (IDALINO et al., 2022, p. 26). Isso é exibido na Figura 9, através de capturas de tela, e na Figura 10, no diagrama de comunicação.

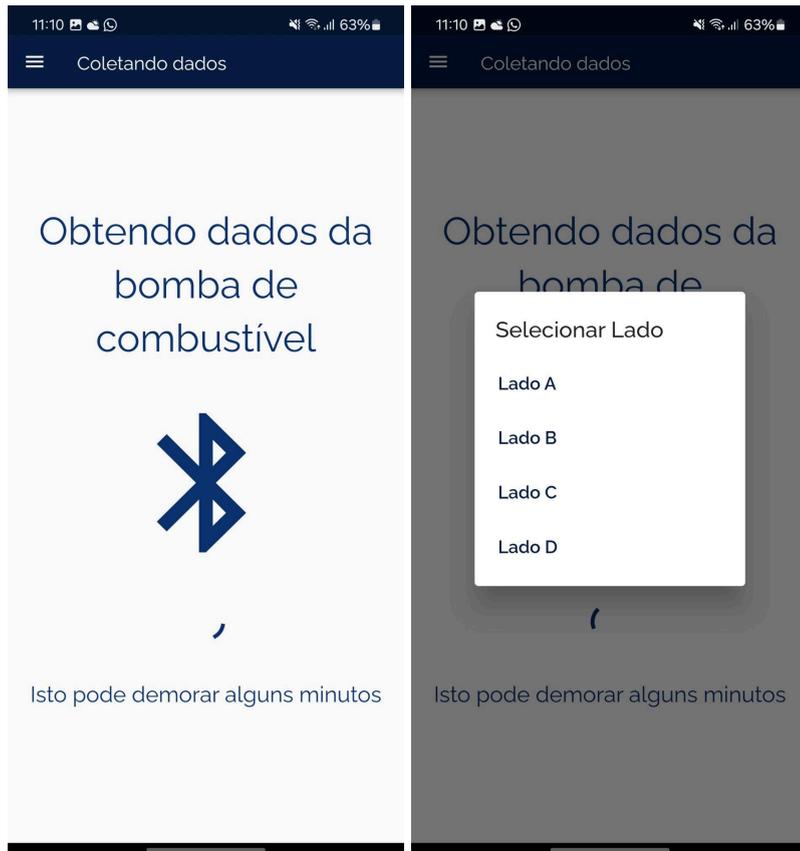


Figura 9: Capturas de tela: obtendo dados do abastecimento e seleção de dispositivo indicador

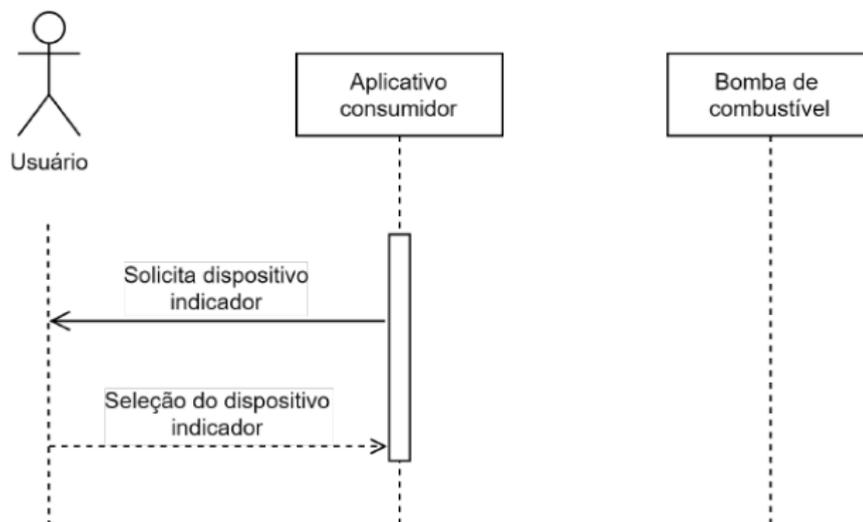


Figura 10: Diagrama de comunicação de seleção de dispositivo indicador (IDALINO et al., 2022, p. 26)

Em seguida, conforme exibido na Figura 11, o aplicativo busca os dados assinados digitalmente referentes ao último abastecimento realizado (volume

abastecido, preço por litro de combustível, valor total da operação, etc) utilizando o dispositivo indicador selecionado pelo usuário. Na sequência, para cada dispositivo transdutor associado ao abastecimento, o aplicativo consulta o pacote de dados de medição (IDALINO et al., 2022, p. 26).

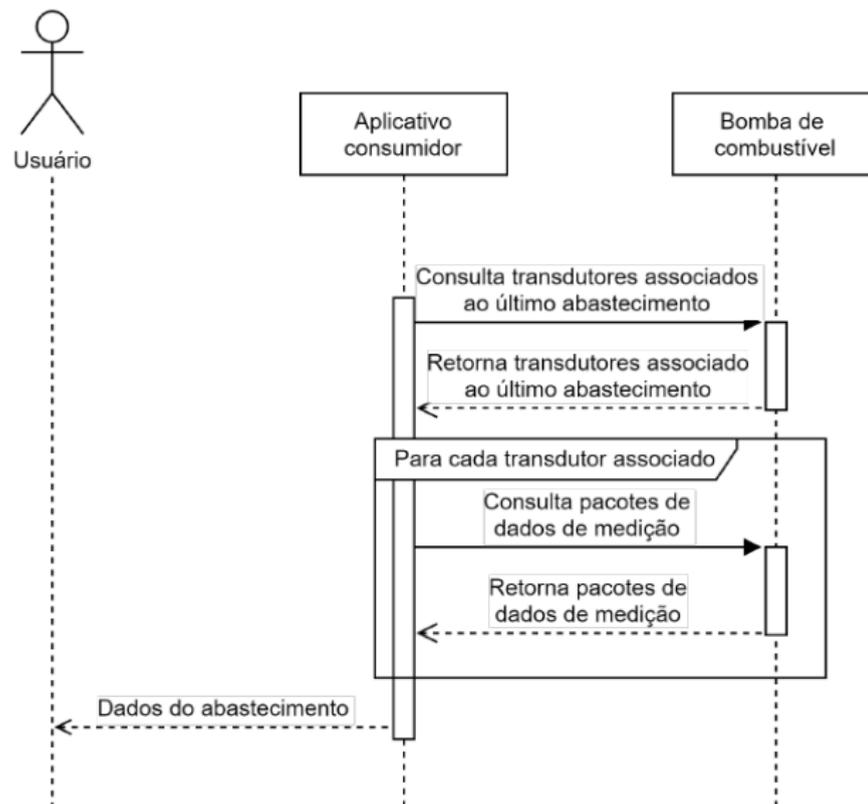


Figura 11: Diagrama de comunicação de dados referentes ao último abastecimento (IDALINO et al., 2022, p. 28)

Além disso, o aplicativo requer que o servidor valide a assinatura digital e o certificado digital. Para tal, para cada dispositivo transdutor associado consulta-se o certificado digital do transdutor e a assinatura digital do seu pacote de dados (IDALINO et al., 2022, p. 28). Esse processo é detalhado na Figura 12.

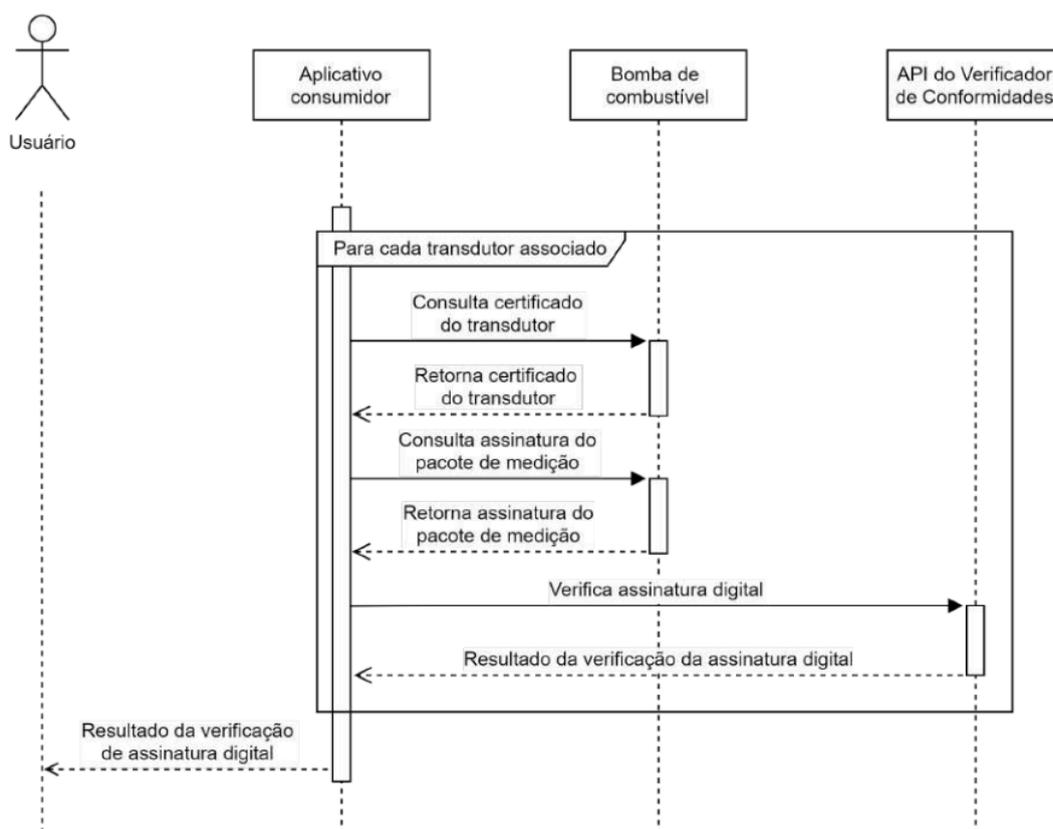


Figura 12: Diagrama de comunicação de consulta de certificados digitais de dispositivos transdutores e assinaturas digitais de pacotes de dados de abastecimento (IDALINO et al., 2022, p. 29)

Finalmente, nesta fase, o aplicativo envia solicitações à API do Verificador de Conformidades para verificar a assinatura digital de cada pacote de dados de medição. Importante lembrar que a versão do Medida Inteligente utilizada neste trabalho não utiliza o verificador de conformidades. Todas as verificações são feitas localmente, no smartphone que o aplicativo foi instalado. O usuário receberá apenas a totalização dos dados de abastecimento, bem como o resultado final da verificação das assinaturas, conforme exibido na Figura 13 (neste exemplo, o resultado é “Problemas na certificação digital”, mas existem ainda os resultados “Assinatura digital inválida”, “Não foi possível verificar a assinatura digital. Tente novamente mais tarde.” e “Assinatura digital válida”). A efetividade da descrição de cada um dos possíveis resultados da verificação de assinaturas será avaliada pelos participantes da pesquisa envolvida neste trabalho. É comunicado ao usuário que a assinatura digital será considerada válida somente se todas as assinaturas dos pacotes de dados forem válidas. No caso de o smartphone estar *offline*, a verificação é realizada

localmente de forma parcial, sem validar os certificados digitais ou verificar a lista de certificados revogados. Independentemente da conectividade com a Internet, os dados de abastecimento são armazenados localmente no dispositivo. O envio dos dados ao servidor fica pendente, e cabe ao usuário decidir se deseja compartilhar ou não seus registros de abastecimento (IDALINO et al., 2022, p. 30).

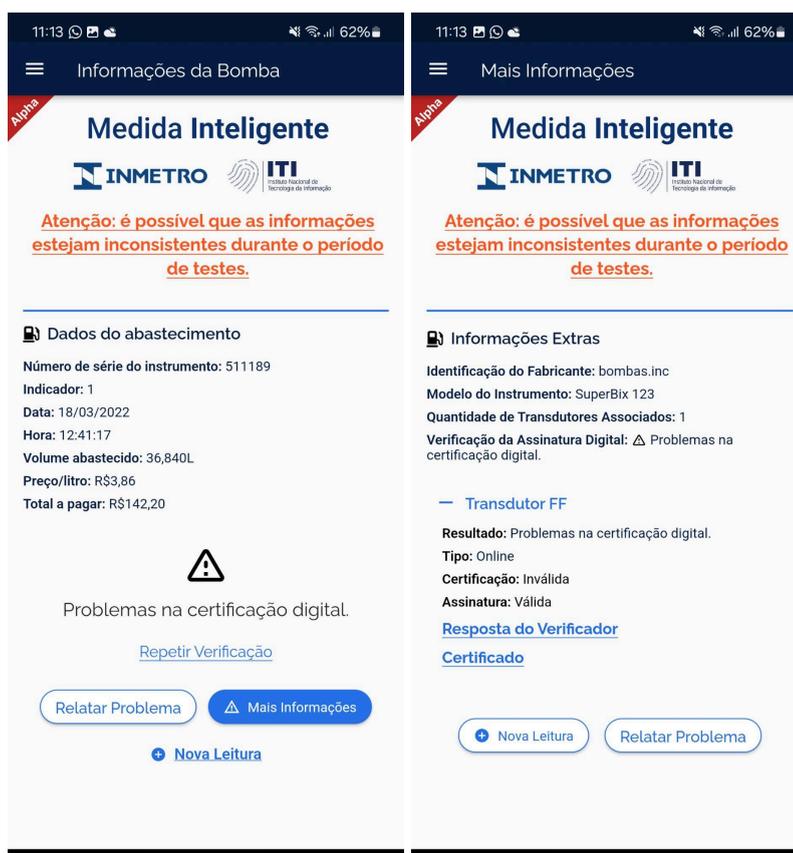


Figura 13: Captura de tela: Visualização dos dados do abastecimento realizado

Após visualizar as informações do abastecimento, o usuário também pode realizar uma manifestação através do aplicativo, conforme detalhado na Figura 14. Isso é possível por meio do botão “Relatar problema”, na tela principal de um abastecimento. Ao clicar neste botão, um pop-up aparecerá, informando ao usuário que os dados do abastecimento serão enviados para avaliação. Ao confirmar a ação, o aplicativo redireciona para a página de login do Gov.br no navegador da Internet, onde o usuário deve inserir suas credenciais. O aplicativo então envia estas informações de login para o sistema do Gov.br, que autentica o usuário. Se as

credenciais estiverem corretas, o consumidor será autenticado e logado no sistema (IDALINO et al., 2022, p. 31).

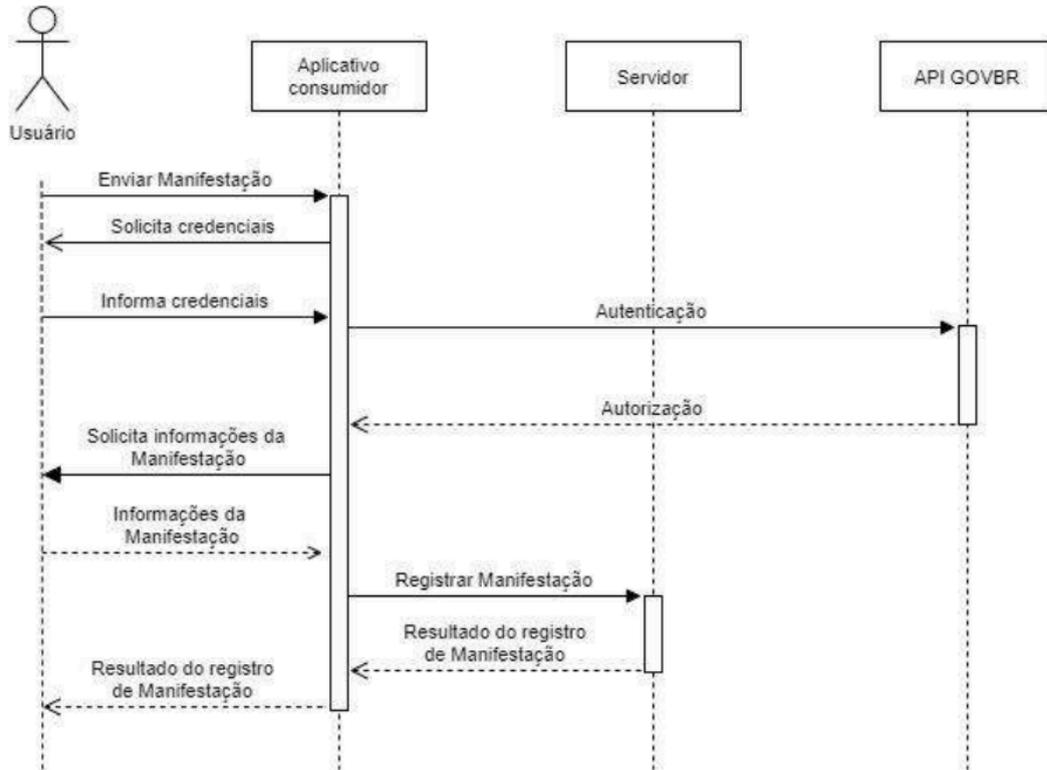


Figura 14: Diagrama de comunicação de manifestação (IDALINO et al., 2022, p. 31)

Após revisar as informações, o usuário pode enviar os dados para o servidor diretamente da tela inicial do aplicativo. Este procedimento é realizado através do botão "Deseja enviar seus dados para o INMETRO?", que fica disponível sempre que há pelo menos um abastecimento no histórico que ainda não foi enviado ao servidor (IDALINO et al., 2022, p. 33). Esse processo é descrito na Figura 15.

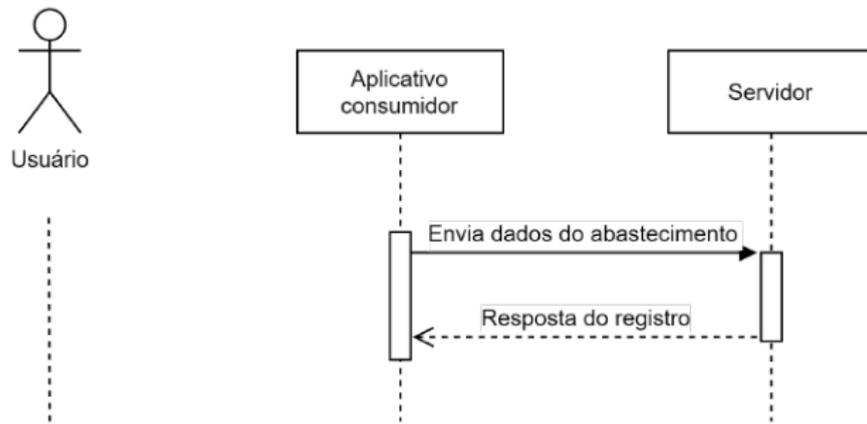


Figura 15: Diagrama de comunicação de envio de dados de abastecimento ao servidor (IDALINO et al., 2022, p. 33)

5 METODOLOGIA

O processo metodológico aplicado para atingir os resultados deste trabalho será descrito neste capítulo, separado nas etapas de: planejamento, submissão ao comitê de ética em pesquisa com seres humanos, execução, coleta de dados e por fim análise e interpretação dos dados.

5.1 Planejamento

Nesta etapa inicial, foi definido o objetivo de avaliar a usabilidade do aplicativo Medida Inteligente utilizando a métrica System Usability Scale (SUS), um dos questionários mais amplamente adotados para mensurar a usabilidade de aplicações móveis (Kaya et al., 2019). O SUS foi escolhido devido à sua capacidade de fornecer percepções tanto qualitativas quanto quantitativas sobre a experiência do usuário, possibilitando uma avaliação abrangente e acessível da interface do aplicativo.

Para complementar a métrica SUS e captar uma percepção mais ampla do usuário, foram adicionadas sete perguntas extras voltadas ao sentimento de confiança e segurança na utilização do aplicativo. A inclusão dessas questões adicionais visa aprofundar a compreensão da experiência do usuário, abordando aspectos relevantes à confiabilidade e transparência do aplicativo em detectar e denunciar fraudes de abastecimento de combustível. Além disso, foram adicionadas também cinco perguntas demográficas, para que seja possível traçar um perfil básico dos participantes dos testes. Ao final, o questionário completo foi formado por 22 questões, e pode ser verificado no apêndice A deste trabalho.

Foi definido que os testes de usabilidade ocorrerão em duas rodadas presenciais, com a participação de 15 usuários representativos do público-alvo em cada uma das rodadas de teste. A amostra será composta por dez participantes entre 18 e 49 anos e cinco com pelo menos 50 anos. Dessa forma, assegura-se que o grupo participante da pesquisa seja suficientemente diverso para representar adequadamente o público-alvo do aplicativo Medida Inteligente.

5.2 Submissão ao Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos (CEPSH)

Para a condução da análise de usabilidade do aplicativo Medida Inteligente, foi necessário submeter o projeto ao Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos (CEPSH), órgão vinculado à Universidade Federal de Santa Catarina. Esse procedimento foi requerido devido à natureza do estudo, que envolve a participação direta de indivíduos nos testes de usabilidade do aplicativo.

O processo de submissão ao CEPSH iniciou-se com a preparação detalhada do projeto de pesquisa. Este documento incluiu um cronograma detalhado das atividades previstas, uma descrição abrangente dos objetivos do estudo, a justificativa da pesquisa, a metodologia a ser empregada, os benefícios esperados, e uma avaliação dos riscos potenciais aos participantes.

Além disso, foi elaborado um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), disponível no apêndice B deste trabalho. Ele foi desenvolvido utilizando como base o template disponibilizado pelo próprio CEPSH em seu website. Este documento é um informe completo, direcionado aos participantes da pesquisa, acerca de todos os aspectos relevantes do estudo que eles estão sendo convidados a participar. Estão incluídas informações como: procedimentos, os objetivos, os possíveis desconfortos, os benefícios esperados, a confidencialidade dos dados, e o direito de desistir da participação a qualquer momento sem prejuízo algum. Este documento foi desenvolvido em conformidade com as diretrizes éticas estabelecidas para pesquisas envolvendo seres humanos. Foi também anexado e submetido ao CEPSH para avaliação o questionário que foi aplicado aos participantes deste trabalho.

Após a elaboração do projeto, TCLE e questionário, todos os documentos foram submetidos ao CEPSH para avaliação. O processo de avaliação inicial pelo CEPSH durou aproximadamente um mês, entre abril e maio de 2024, ao fim do qual o comitê retornou algumas observações e pendências que necessitavam de ajustes. As pendências indicadas pelo CEPSH foram minuciosamente analisadas e corrigidas. As correções envolveram a clarificação de determinados procedimentos metodológicos, ajustes no cronograma, revisão de alguns aspectos do TCLE para tornar as informações mais acessíveis e compreensíveis aos participantes, e a inclusão de medidas adicionais para garantir a confidencialidade dos dados

coletados. Uma vez realizadas as correções, os documentos revisados foram novamente submetidos ao CEPESH no início de junho, para uma nova rodada de avaliação.

No dia 8 de julho de 2024, o CEPESH finalizou a análise das correções acerca das pendências apontadas inicialmente. O retorno foi positivo, aprovando os ajustes feitos e dando o aval necessário para o início dos testes de usabilidade e coleta de dados juntamente aos participantes.

5.3 Execução da primeira rodada de testes de usabilidade e coleta de dados

Os participantes deste trabalho são pessoas próximas ao autor do trabalho, e foram convidadas pela conveniência e facilidade de encontro presencial, algo fundamental para a realização do teste de usabilidade. Inicialmente, os voluntários receberam o TCLE, que devem ler atentamente e assinar, comprovando que estão cientes de todo o procedimento que deverão realizar. Na primeira rodada, os usuários utilizaram o aplicativo em suas condições atuais, sem qualquer modificação. Todos os usuários receberam o mesmo smartphone para execução do teste, fornecido pelo pesquisador responsável. A bomba de combustível foi simulada por um dispositivo ESP32, que é reconhecido por *bluetooth* pelo aplicativo da mesma forma que uma bomba real e fornecerá um conjunto de dados diferente para cada bico selecionado no aplicativo. Os participantes serão requisitados a realizar três leituras de dados de abastecimentos, nos bicos A, B e D. Caso o usuário detecte uma fraude, deverá clicar no botão “Relatar problema”. Ele será redirecionado para o navegador do celular, onde será apresentado ao formulário utilizado para realização de denúncia no sistema de homologação do Fala.Br, Plataforma Integrada de Ouvidoria e Acesso à Informação do Poder Executivo Federal. A denúncia não será concretizada a pedido do Inmetro, para que evite-se criar solicitações de teste em excesso. O participante poderá navegar livremente pelo aplicativo, desde que complete as tarefas obrigatórias mencionadas.

Ao finalizar os procedimentos obrigatórios no aplicativo, os participantes avaliaram sua experiência com o aplicativo por meio do questionário. Os resultados da primeira rodada de testes foram analisados e, juntamente com as observações feitas pelo pesquisador responsável durante os testes, terão papel crucial na identificação de áreas de melhoria na aplicação.

5.4 Implementação de melhorias em código

Foi feita uma análise profunda nos resultados da primeira rodada de testes e, a partir disso, foram implementadas em código melhorias de usabilidade, com ênfase nas heurísticas de Nielsen. Esse método, extensivamente explorado na literatura, representa uma das formas mais consagradas para a avaliação da qualidade de software em termos de usabilidade, sendo reconhecidas como um padrão tradicional nesse campo (COSTA et al., 2019). Além disso, foram utilizados também padrões das normas ISO relevantes e diretrizes de design para os sistemas Android e iOS. Essas etapas de aprimoramento visam corrigir problemas identificados na primeira rodada de testes e otimizar a experiência do usuário.

O aplicativo possui uma única base de código, que pode ser compilada para utilização tanto em smartphones que utilizam o sistema operacional Android como iOS. Isso é possibilitado pela utilização do Flutter, um framework de código aberto criado pelo Google. O Flutter utiliza a linguagem de programação Dart e se destaca por sua capacidade de compilar diretamente para código nativo, o que proporciona um desempenho elevado e uma experiência de usuário consistente nas duas principais plataformas móveis.

5.5 Execução da segunda rodada de testes de usabilidade e coleta de dados

Por fim, uma segunda rodada de testes foi realizada, utilizando o aplicativo atualizado, após a implementação das melhorias identificadas na primeira rodada de testes. O procedimento de execução foi exatamente o mesmo da rodada anterior. Novamente foram colhidas respostas com o questionário padrão deste trabalho.

Os dados coletados na segunda rodada foram analisados e comparados aos da rodada anterior, permitindo avaliar o impacto das melhorias implementadas no código. O objetivo foi que os resultados da segunda rodada de testes fossem superiores aos da primeira, validando a eficácia das melhorias implementadas e demonstrando um aumento na usabilidade do aplicativo.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO DA PRIMEIRA RODADA DE TESTES

Este capítulo tem como objetivo apresentar os resultados obtidos durante a primeira rodada de testes de usabilidade do aplicativo Medida Inteligente, bem como discutir as implicações desses resultados para o aprimoramento da interface e da experiência do usuário. Conforme descrito na metodologia deste trabalho, os testes foram realizados presencialmente, com a participação de quinze indivíduos, divididos em dois grupos: dez participantes na faixa etária de 18 a 49 anos e cinco com pelo menos 50 anos. A usabilidade foi avaliada utilizando a métrica System Usability Scale (SUS), uma escala amplamente utilizada para medir a facilidade de uso de sistemas e aplicativos móveis. As respostas dos participantes das duas rodadas de testes podem ser consultadas na íntegra no apêndice C deste trabalho.

6.1 Apresentação e discussão dos resultados

Nesta primeira rodada, o aplicativo foi testado em sua versão atual, sem modificações, para obter um diagnóstico fiel da sua usabilidade inicial. Os participantes foram solicitados a realizar três abastecimentos no aplicativo, cada um com um resultado diferente. Ao término, responderam ao questionário, que inclui perguntas demográficas, dez questões do SUS e sete perguntas adicionais focadas na compreensão de termos técnicos e no sentimento de confiança e segurança ao utilizar a aplicação. Os resultados obtidos nesta rodada fornecem a base para identificar áreas de melhoria que serão abordadas na versão aprimorada do aplicativo.

6.1.1 Questões demográficas

Avaliando inicialmente as respostas demográficas, é possível traçar um perfil detalhado do grupo de usuários que participou da primeira rodada de testes do Medida Inteligente, permitindo uma compreensão mais precisa das características dos indivíduos envolvidos no estudo. Essas informações são cruciais, oferecendo uma visão geral do público-alvo, incluindo fatores como faixa etária, nível de familiaridade com tecnologia e experiência com aplicativos móveis. Além disso, a análise demográfica ajuda a contextualizar os resultados obtidos nas avaliações de usabilidade, revelando possíveis correlações entre o perfil dos participantes e as dificuldades ou facilidades encontradas durante a interação com o aplicativo. A

seguir, será apresentada uma análise detalhada dos dados demográficos coletados, que servirão de base para entender como diferentes perfis de usuários impactaram a percepção de usabilidade e a interpretação dos termos técnicos no aplicativo.

- **Qual a sua idade?**

Como mencionado anteriormente, o grupo de participantes da primeira rodada de testes foi composto por 15 usuários, dos quais 5 (33,3%) tinham mais de 50 anos e 10 (66,7%) estavam na faixa etária de 18 a 49 anos. Essa distribuição etária faz sentido dentro do contexto da análise de usabilidade do Medida Inteligente, pois possibilita examinar como diferentes faixas etárias interagem com o aplicativo, que afinal será destinado ao público em geral, de todas as idades. A divisão entre usuários mais jovens e mais experientes também permite identificar se há diferenças na facilidade de uso e se os recursos de acessibilidade do aplicativo atendem de maneira eficaz ambos os públicos. Foi também estipulado que apenas pessoas maiores de 18 anos seriam convidadas a participar da pesquisa. Isso por conta da aplicação ser voltada para indivíduos que possuem carteira de motorista e visitam regularmente postos de combustíveis com seus veículos.

2. Qual a sua idade?



Figura 16: Gráfico contendo respostas da pergunta 2 do questionário demográfico da primeira rodada de testes

- **Qual o seu nível de experiência com aplicativos de celular?**

Em relação ao nível de experiência com aplicativos de celular, os dados mostram uma diversidade significativa entre os participantes. Um participante (6,7%) declarou ter pouca experiência com o uso de aplicativos móveis, 6 participantes (40%) afirmaram possuir média experiência, enquanto os outros 8 participantes (53,3%) declararam ter muita experiência. Essa variação no nível de familiaridade com tecnologia permite observar como usuários com diferentes graus de competência tecnológica interagem com o aplicativo. Aqueles com menos experiência podem encontrar mais dificuldades em compreender e utilizar determinadas funções, especialmente as relacionadas a termos técnicos de segurança, enquanto os mais experientes podem perceber nuances diferentes na interface e no fluxo de navegação.

3. Qual o seu nível de experiência com aplicativos de celular?



Figura 17: Gráfico contendo respostas da pergunta 3 do questionário demográfico da primeira rodada de testes

- **Qual a sua formação?**

Ao investigar o nível de formação dos participantes, os resultados revelaram uma razoável diversidade acadêmica. Apenas 1 participante (6,7%) não possui ensino superior completo ou incompleto, enquanto 4 participantes (26,7%)

declararam ter ensino superior completo ou incompleto em áreas relacionadas à informática, como Sistemas de Informação ou Ciência da Computação. A maioria, 10 participantes (66,7%), possuem ensino superior completo ou incompleto em outras áreas.

4. Qual a sua formação?

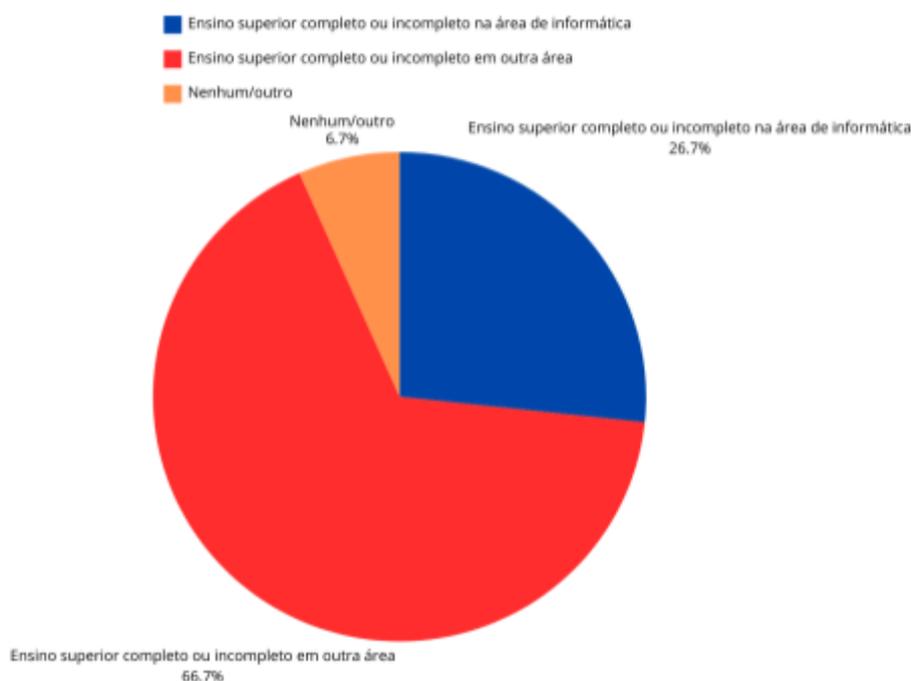


Figura 18: Gráfico contendo respostas da pergunta 4 do questionário demográfico da primeira rodada de testes

- **Você trabalha ou já trabalhou profissionalmente na área de tecnologia, como engenharia de software, ciência de dados ou áreas relacionadas?**

Já ao avaliar a experiência profissional dos participantes na área de tecnologia, constatou-se que apenas 3 participantes (20%) já trabalharam ou trabalham em setores relacionados, como engenharia de software, ciência de dados ou áreas afins, enquanto a grande maioria, 12 participantes (80%), nunca tiveram experiência profissional nessa área.

5. Você trabalha ou já trabalhou profissionalmente na área de tecnologia, como engenharia de software, ciência de dados ou áreas relacionadas?

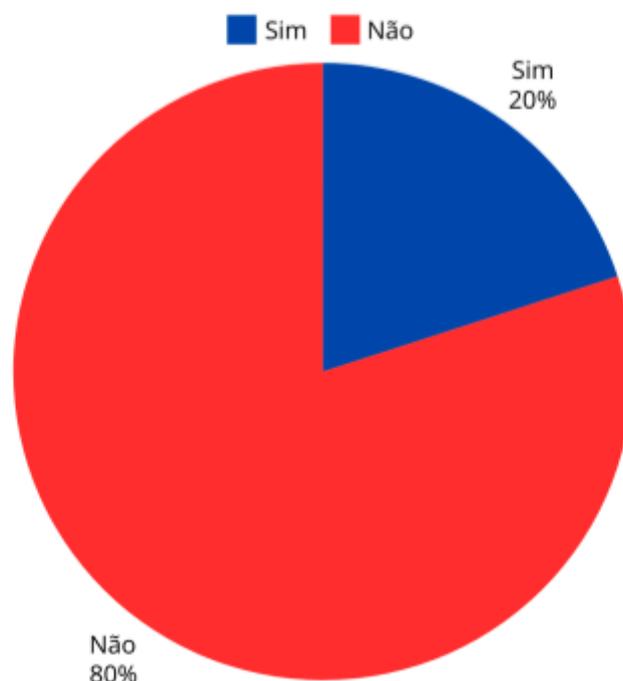


Figura 19: Gráfico contendo respostas da pergunta 5 do questionário demográfico da primeira rodada de testes

Esse panorama educacional e profissional oferece um contexto importante para a análise de usabilidade feita neste trabalho, especialmente no que diz respeito à familiaridade com termos técnicos, como "assinatura digital" e "certificado digital", que podem ser mais compreensíveis para aqueles com formação e experiência em informática. Ao mesmo tempo, permite observar como o aplicativo foi percebido por um público mais amplo e diversificado, cujo entendimento de tecnologia pode variar bastante em função de suas áreas de estudo e experiência profissional.

6.1.2 Questões SUS (System Usability Scale)

As questões do System Usability Scale (SUS) têm como objetivo fornecer ao aplicativo Medida Inteligente uma avaliação quantitativa de sua usabilidade, refletindo a percepção dos usuários sobre a facilidade de uso e a eficiência da interface. Além disso, o SUS serve como um parâmetro de comparação entre as duas rodadas de testes conduzidas neste trabalho, permitindo identificar melhorias na experiência do usuário ao longo do processo de refinamento do aplicativo.

Os resultados da primeira rodada de testes indicam que o aplicativo Medida Inteligente apresentou uma média geral de usabilidade de 84,83 na escala SUS, de

acordo com os cálculos realizados conforme apresentado no capítulo 2 deste trabalho. Este valor é representado pela nota B, está dentro da faixa considerada aceitável e reflete uma avaliação de usabilidade considerada excelente, faixa que vai de 74 até 85. Há potencial de aprimoramento, como pode ser observado na figura 20.

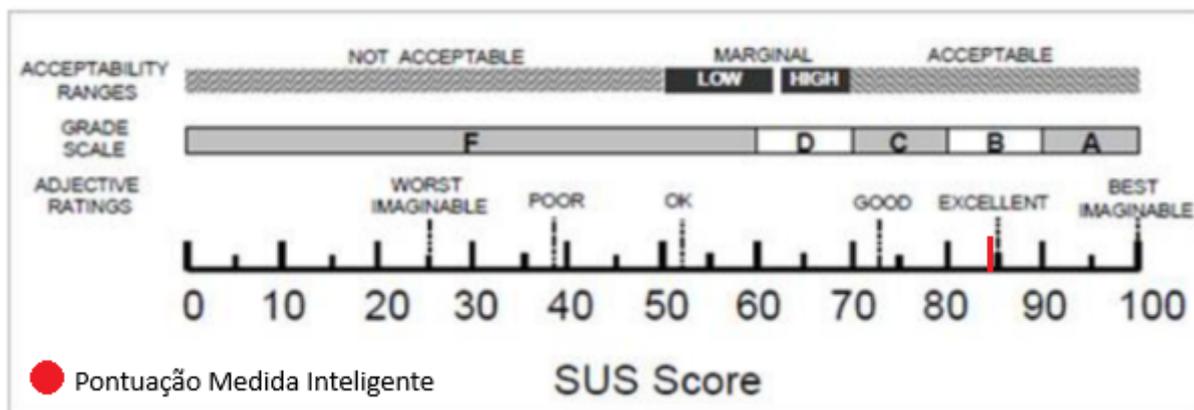


Figura 20: Escala contendo pontuação SUS (BANGOR et al., 2013)

Quando divide-se o resultado entre as duas faixas etárias analisadas, é possível perceber uma diferença considerável. O grupo entre 18 e 49, que entende-se como grupo com maior familiaridade com tecnologia, ficou com uma nota inferior ao grupo com mais de 50 anos, pessoas que de forma geral têm maior dificuldade ao relacionar-se com dispositivos tecnológicos.

- **Média SUS geral:** 84,83
- **Média SUS para participantes de 18 a 49 anos:** 83,75
- **Média SUS para participantes com mais de 50 anos:** 87,00

A diferença entre as faixas etárias é notável, sugerindo que os participantes mais velhos tiveram uma experiência ligeiramente melhor em termos de usabilidade. Isso pode estar relacionado ao fato de que a interface do aplicativo, mesmo em sua forma atual, se mostrou mais clara ou adequada para um público menos familiarizado com tecnologia avançada, o que contraria a expectativa inicial de que os usuários mais jovens teriam maior facilidade de uso. Além disso, o aplicativo possui uma interface bastante simples e direta, o que pode colaborar com o público mais velho, e decepcionar um pouco os participantes mais jovens, que talvez buscassem uma experiência mais detalhada. Pode-se dizer também que usuários mais jovens e habituados com tecnologia têm uma maior percepção de pequenos problemas e inconsistência que podem ter ocorrido durante os testes, fato que pode

ter impactado na nota. Outro ponto que vale destacar nessa distinção de notas é que pessoas mais velhas geralmente possuem mais paciência e dedicam mais atenção durante o teste. Obstáculos como a interpretação dos termos relacionados a seguranças podem ter impactado mais os usuários mais jovens, que estão acostumados com uma experiência tecnológica mais imediatista.

Além da média geral, foi calculada a média de respostas para cada questão do SUS, com destaque para as perguntas que obtiveram melhores e piores avaliações:

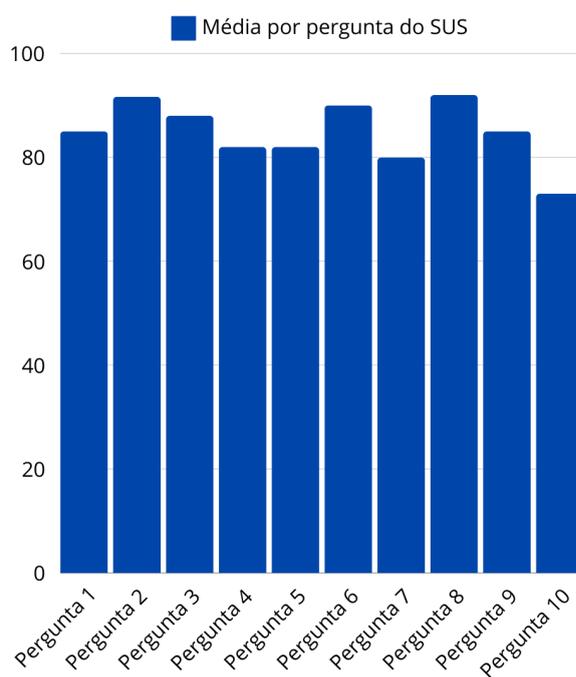


Figura 21: Pontuação por cada pergunta do questionário SUS da primeira rodada de testes

- **Questões com melhor desempenho:**

- "Eu acho o sistema desnecessariamente complexo" (média: 91.67).
- "Eu achei o sistema atrapalhado de usar" (média: 91.67).

- **Questões com pior desempenho:**

- "Eu precisei aprender várias coisas novas antes de conseguir usar o sistema" (média: 73.33).
- "Eu imagino que as pessoas aprenderão como usar esse sistema rapidamente" (média: 80).

Esses resultados indicam que, embora o aplicativo tenha sido bem aceito, com avaliações positivas em termos de facilidade de uso e integração de funções,

os usuários sentiram a necessidade de aprender novos conceitos, o que pode ter prejudicado a fluidez da experiência.

6.1.3 Questões relacionadas à segurança

Além dos resultados quantitativos do SUS, os participantes também forneceram feedback qualitativo a respeito de aspectos específicos do aplicativo, principalmente no que diz respeito ao entendimento de termos técnicos dentro da temática de criptografia, como "assinatura digital" e "certificado digital". As respostas da primeira rodada de testes podem ser consultadas integralmente por meio de link disponibilizado no apêndice C deste trabalho.

- **Ao verificar os resultados dos dados do abastecimento no aplicativo, você se sente confiante em entender o significado de "assinatura digital válida", "assinatura digital inválida" e "problemas na certificação digital"?**

Na primeira pergunta, que buscava avaliar o nível de confiança dos usuários em compreender os termos técnicos "assinatura digital válida", "assinatura digital inválida" e "problemas na certificação digital", os resultados indicam uma divisão significativa entre os participantes. Cinco participantes (33,3%) responderam que não se sentem confiantes em entender esses conceitos, enquanto os outros dez participantes (66,7%) afirmaram que se sentem confiantes em relação a esses termos. Dos cinco participantes que responderam que não se sentem confiantes em entender os conceitos apresentados, apenas um possui mais de 50 anos. Essa divisão nos resultados sugere que, embora a maioria dos usuários tenha relatado confiança no entendimento dos termos, há uma parcela considerável que enfrenta dificuldades com a terminologia técnica utilizada no aplicativo. O fato de um terço dos participantes não se sentir confiante pode indicar que os termos técnicos estão sendo apresentados de maneira pouco clara ou inacessível para usuários sem experiência prévia com segurança digital e criptografia. Se destaca também que usuários mais velhos tiveram uma maior confiança no entendimento dos termos técnicos quando comparados a usuários mais jovens. É importante ressaltar que a compreensão desses conceitos é fundamental para um impacto positivo na adoção do Medida Inteligente, uma vez que eles são fundamentais para o entendimento completo de uma situação normal ou fraudulenta em um abastecimento.

Portanto, os dados desta questão indicam a necessidade de uma abordagem mais acessível para explicar esses termos, possivelmente com a inclusão de explicações rápidas e intuitivas diretamente na tela de resultados do aplicativo. A adoção de uma linguagem mais simples, acompanhada de ícones ou dicas visuais, poderia melhorar a compreensão desses conceitos. Melhorar a clareza sobre o que significa uma "assinatura digital inválida" ou "problemas na certificação digital" ajudará a tornar a experiência do usuário mais transparente e aumentará a confiança geral no aplicativo.

1. Ao verificar os resultados dos dados do abastecimento no aplicativo, você se sente confiante em entender o significado de "assinatura digital válida", "assinatura digital inválida" e "problemas na certificação digital"?

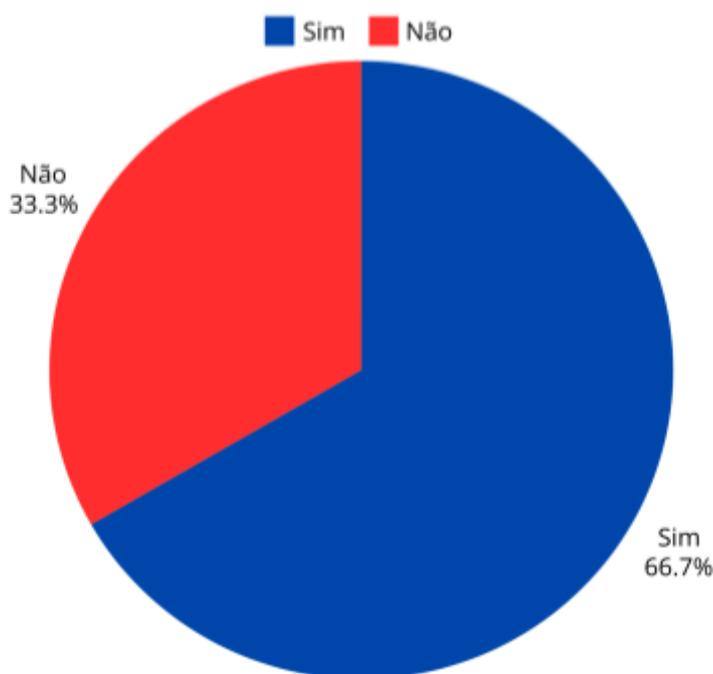


Figura 22: Gráfico contendo respostas da pergunta 1 do questionário relacionado à segurança da primeira rodada de testes

- **Ao verificar os resultados dos dados do abastecimento no aplicativo, você se sente confiante em entender o significado de "assinatura digital válida", "assinatura digital inválida" e "problemas na certificação digital"? Explique**

Em resposta à pergunta número 2 do questionário, que requirava do usuário uma justificativa da resposta dada na primeira pergunta, foi possível perceber mais claramente a dificuldade dos usuários em compreender os termos técnicos,

corroborando o que foi exposto no parágrafo anterior. O feedback obtido revela que, para uma parcela considerável dos usuários, a terminologia técnica representou uma barreira significativa à compreensão clara das informações apresentadas pelo aplicativo.

Alguns participantes indicaram que, apesar de se sentirem confiantes em relação à interpretação desses termos, essa confiança se devia principalmente ao fato de o aplicativo contar com uma seção dedicada a explicá-los, chamada de "Dúvidas frequentes", uma espécie de FAQ disponibilizado dentro do aplicativo. No entanto, durante o acompanhamento dos testes, nenhum dos quinze participantes acessou essa seção do aplicativo, que contém, entre outros pontos, explicações detalhadas sobre os termos de segurança. Esse é um dado alarmante do ponto de vista de usabilidade, uma vez que indica que a seção de ajuda, embora existente em um menu lateral do aplicativo, não está suficientemente visível ou acessível para os usuários. Na verdade, alguns relataram que tentaram encontrar essa seção, mas não conseguiram localizá-la, o que reforça que ela está de certa forma escondida ou mal posicionada dentro da estrutura de navegação do aplicativo. Essa constatação aponta para a necessidade de dar maior visibilidade à seção de dúvidas frequentes, possivelmente reposicionando-a e tornando seu acesso mais direto e intuitivo.

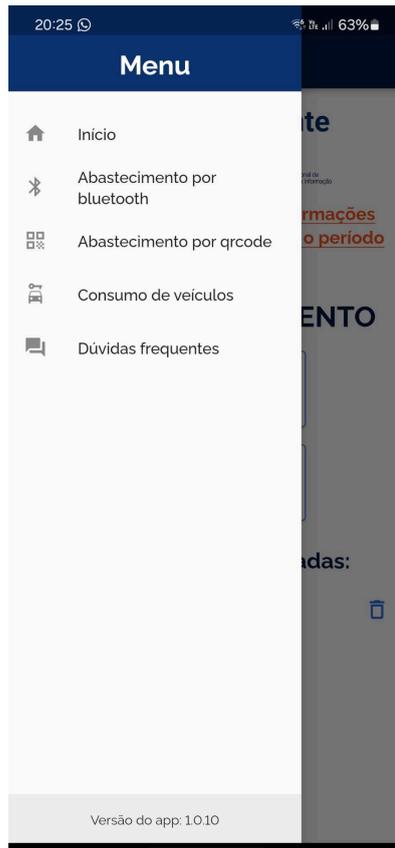


Figura 23: Menu lateral original do Medida Inteligente

Ainda em relação às respostas da questão número 2, uma proposta interessante, levantada por um dos usuários foi a criação de um botão de acesso rápido a explicações relacionadas ao resultado do abastecimento. Esse botão poderia fornecer uma explicação breve e objetiva sobre o status da assinatura digital e da certificação, permitindo que o usuário entenda imediatamente o que significam termos como "assinatura digital válida" ou "certificação digital" sem precisar navegar até outra área do aplicativo. Essa sugestão é especialmente relevante, considerando que a falta de clareza nos termos técnicos foi um dos principais fatores de frustração para os usuários durante os testes.

- **Há no aplicativo uma tela de "Dúvidas frequentes", que busca auxiliar o usuário a compreender termos técnicos utilizados no aplicativo como "assinatura digital" e "certificado digital". Você considera essa uma seção fundamental para o entendimento completo do sistema?**

Na questão 3, todos os 15 participantes (100%) indicaram que a seção de "Dúvidas Frequentes" é considerada essencial para o entendimento completo do

sistema Medida Inteligente. Esse resultado evidencia ainda mais a importância de fornecer aos usuários uma fonte clara e acessível de informações para compreender os conceitos mais complexos relacionados à segurança. A unanimidade na resposta reflete a percepção generalizada de que o aplicativo, embora funcional, depende fortemente de uma seção explicativa para garantir que todos os usuários, independentemente de seu nível de conhecimento técnico, possam usar o sistema de forma eficaz e segura. Além disso, esse resultado dá ainda mais relevância ao comentário do participante abordado na pergunta anterior, que recomendou a criação de uma forma de acessar diretamente na tela de resultado do abastecimento um resumo do resultado encontrado, sem a necessidade de navegar sempre até a tela de dúvidas frequentes.

3. Há no aplicativo uma tela de "Dúvidas frequentes", que busca auxiliar o usuário a compreender termos técnicos utilizados no aplicativo como "assinatura digital" e "certificado digital". Você considera essa uma seção fundamental para o entendimento completo do sistema?

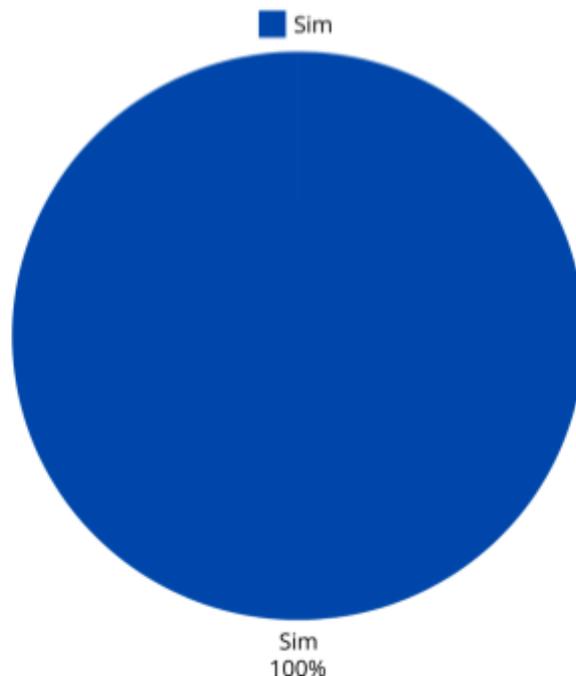


Figura 24: Gráfico contendo respostas da pergunta 3 do questionário relacionado à segurança da primeira rodada de testes

- **Imagine que você acabou de abastecer seu veículo em um posto desconhecido e está usando o aplicativo para verificar a autenticidade dos dados. Ao ver a mensagem "assinatura digital válida", você confiaria mais no posto de combustível?**

Na questão 4 do questionário relacionado à segurança, a totalidade dos participantes (100%) expressou que a mensagem "assinatura digital válida" aumentaria significativamente sua confiança no posto de combustível, indicando que a percepção de segurança está intrinsecamente ligada à transparência e à autenticidade dos dados apresentados. A presença de uma assinatura digital válida não apenas valida a integridade das informações fornecidas, mas também serve como um indicativo de que o posto adota práticas de segurança robustas e confiáveis. Esse elemento atua como um forte reforço positivo da imagem do posto, contribuindo para a construção de um relacionamento de confiança entre o consumidor e o prestador de serviços.

4. Imagine que você acabou de abastecer seu veículo em um posto desconhecido e está usando o aplicativo para verificar a autenticidade dos dados. Ao ver a mensagem "assinatura digital válida", você confiaria mais no posto de combustível?

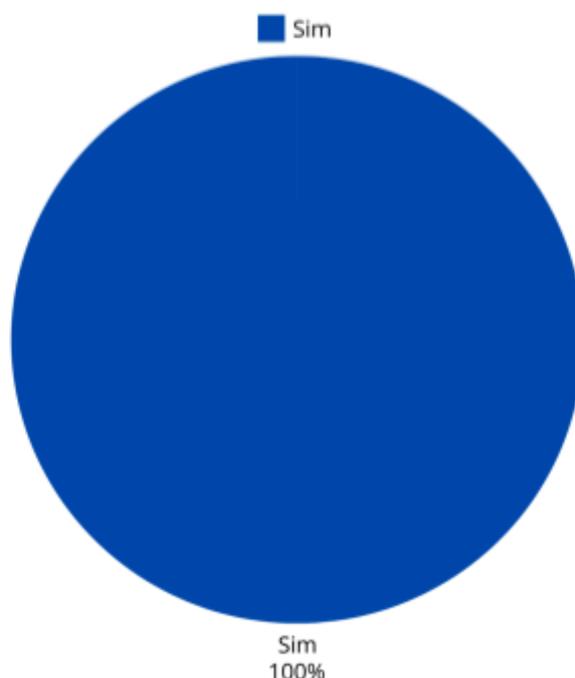


Figura 25: Gráfico contendo respostas da pergunta 4 do questionário relacionado à segurança da primeira rodada de testes

- **No mesmo exemplo anterior, caso as mensagens "assinatura digital inválida" ou "problemas na certificação digital" fossem exibidas, você estaria disposto a utilizar o aplicativo para denunciar o posto de combustível responsável por esses resultados?**

Em relação à pergunta 5 do questionário sobre segurança, todos os entrevistados (100%) afirmaram que, caso fossem exibidas as mensagens "assinatura digital inválida" ou "problemas na certificação digital", estariam dispostos a utilizar o Medida Inteligente para realizar uma denúncia. Essa resposta unânime revela uma forte disposição dos usuários em agir proativamente diante de situações que possam comprometer a integridade e a segurança das informações relacionadas ao abastecimento, que certamente propiciará um impacto muito positivo no sistema de combustíveis do país.

A disposição para denunciar irregularidades sugere que os participantes valorizam não apenas sua própria segurança, mas também a transparência e a ética no setor de combustíveis. A presença de mensagens alertando sobre falhas na assinatura digital ou na certificação digital serve como um importante sinal de alerta, motivando os consumidores a tomar medidas que visam proteger seus direitos e garantir a autenticidade das transações.

Além disso, essa atitude pode ser interpretada como um reflexo da confiança depositada no Medida Inteligente como uma ferramenta eficaz para monitorar e relatar problemas relacionados à segurança. A possibilidade de realizar uma denúncia através do aplicativo não apenas empodera os usuários, mas também fortalece a imagem do Medida Inteligente como um aliado na luta contra fraudes e práticas enganosas.

5. No mesmo exemplo anterior, caso as mensagens "assinatura digital inválida" ou "problemas na certificação digital" fossem exibidas, você estaria disposto a utilizar o aplicativo para denunciar o posto de combustível responsável por esses resultados?

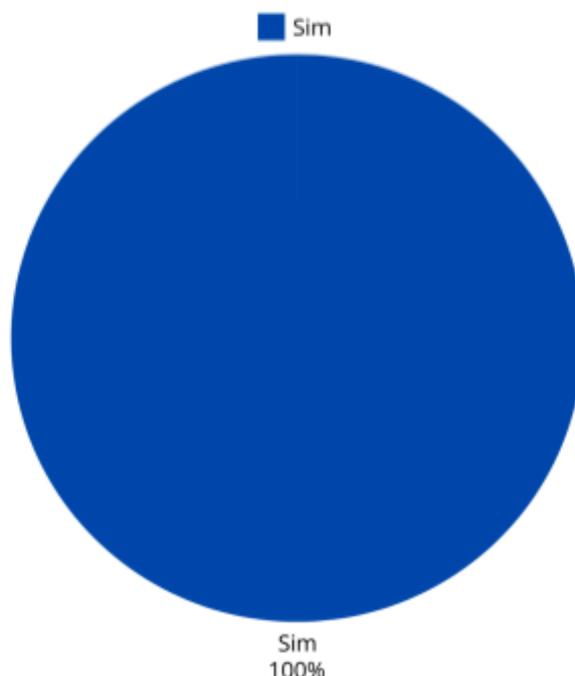


Figura 26: Gráfico contendo respostas da pergunta 5 do questionário relacionado à segurança da primeira rodada de testes

- **Você acredita que a utilização do aplicativo Medida Inteligente poderia efetivamente funcionar como um instrumento poderoso no combate às fraudes no setor de combustíveis no Brasil?**

Na questão 6 do questionário sobre segurança, todos os 15 participantes (100%) concordaram que o uso do aplicativo Medida Inteligente pode ser um instrumento eficaz no combate a fraudes no setor de combustíveis no Brasil. Uma unanimidade que ressalta a percepção positiva dos usuários sobre a capacidade do aplicativo de agir como um agente de mudança em um mercado frequentemente marcado por irregularidades e práticas enganosas.

A concordância absoluta indica uma confiança coletiva na proposta do Medida Inteligente, que não apenas oferece uma solução tecnológica, mas também promove uma maior transparência e responsabilização no setor. Os participantes reconhecem que a implementação de um sistema que monitore e verifique as informações de abastecimento pode ser fundamental para desestimular comportamentos fraudulentos, criando um ambiente mais seguro para os consumidores.

Além disso, essa análise sugere que os usuários veem o aplicativo como uma ferramenta de empoderamento, permitindo que os consumidores desempenhem um papel ativo na proteção de seus interesses. Ao fornecer um meio para identificar e relatar fraudes, o Medida Inteligente pode contribuir para uma cultura de integridade e respeito às normas no setor de combustíveis.

6. Você acredita que a utilização do aplicativo Medida Inteligente poderia efetivamente funcionar como um instrumento poderoso no combate às fraudes no setor de combustíveis no Brasil?

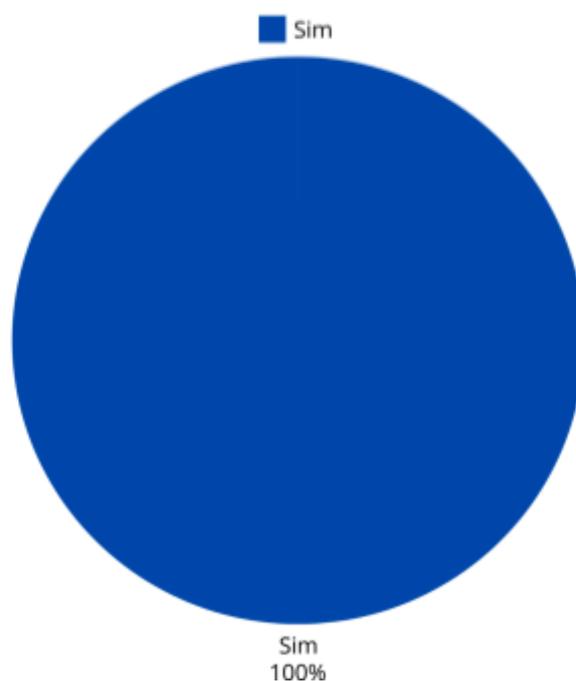


Figura 27: Gráfico contendo respostas da pergunta 6 do questionário relacionado à segurança da primeira rodada de testes

- **O que você modificaria no aplicativo?**

Na última pergunta do questionário, os usuários foram convidados a sugerir melhorias para o aplicativo. As respostas obtidas permitiram reflexões pertinentes sobre aspectos do sistema que necessitam de aprimoramentos, direcionando o foco da etapa de otimização da usabilidade deste estudo. Nos parágrafos seguintes, será realizada uma análise crítica das principais sugestões fornecidas pelos usuários, destacando áreas de potencial melhoria e alinhamento com as expectativas dos participantes.

Vários participantes mencionaram novamente que os resultados das verificações poderiam ser apresentados de forma mais clara e objetiva, eliminando o

uso de termos técnicos quando possível. Foi dada a sugestão de utilizar uma abordagem binária, que informasse diretamente ao usuário se houve um erro ou não, ao invés de apresentar conceitos como "assinatura inválida" ou "problemas no certificado digital", que requerem um nível de interpretação mais técnico. Foi percebido que o usuário leigo não está interessado no resultado técnico, prefere saber se ocorreu um erro ou o abastecimento foi um sucesso de forma mais direta. Essa ideia também se manifestou durante o acompanhamento dos testes, onde foi observado que alguns usuários ficaram confusos ao tentar localizar e interpretar os resultados exibidos na tela de resultado de verificações. Essa dificuldade, somada às respostas das outras perguntas abordadas anteriormente, evidencia ainda mais a necessidade urgente de melhorar a apresentação dos resultados, de modo a torná-los mais visíveis e intuitivos.

Um dos participantes fez uma observação relevante ao sugerir que o resultado da verificação dos dados do abastecimento fosse exibido diretamente na tela inicial do aplicativo, mais especificamente na seção que mostra o histórico de abastecimentos realizados pelo usuário. A ideia é que, ao olhar o histórico, o usuário pudesse ver rapidamente o resultado de cada abastecimento, sem precisar abrir cada transação individualmente. Essa abordagem tornaria a consulta mais ágil e prática, permitindo que o usuário verifique os resultados de maneira mais eficiente. Outro ponto observado durante os testes em relação à seção contendo o histórico de abastecimentos é que alguns participantes não perceberam que os abastecimentos eram clicáveis e que era possível acessar os detalhes de um abastecimento já realizado. Algo parecido foi percebido também na tela de escolha de bomba, a grande maioria dos usuários clicou apenas na bomba encontrada, e praticamente nunca no botão de "verificar bomba de combustível". Por conta disso, foi percebido que as áreas clicáveis do aplicativo devem ser melhor padronizadas e explicitadas, indicando ao usuário mais claramente onde é possível clicar.

Outra sugestão interessante, também corroborada por observações feitas durante os testes, foi a criação de um botão "Finalizar Abastecimento" na tela de resultado da verificação. Atualmente, o aplicativo conta com o botão "Nova leitura", cuja função é iniciar um novo processo de verificação, encerrando o anterior. No entanto, foi observado que muitos usuários se sentiam desencorajados a clicar nesse botão, pois a descrição não deixava claro que ele também encerraria o

abastecimento atual. A inclusão de um botão específico para finalizar o abastecimento tornaria essa ação mais clara e intuitiva, reduzindo a confusão e tornando o fluxo de navegação mais fluido.

Alguns voluntários acabaram clicando em "Resposta do verificador" e "Certificado", botões disponíveis na tela que contém detalhes do abastecimento. Esses botões exibem um popup com o JSON contendo a resposta da verificação da assinatura digital e do certificado digital, respectivamente, na íntegra. Foi possível perceber durante os testes que mesmo os participantes que possuem experiência de trabalho na área de tecnologia, que estão acostumados em ver arquivos JSON, ficaram de certa forma confusos com as informações exibidas. Foi percebido que é necessário repensar a necessidade de exibir essas informações para o usuário final.

Mais um ponto levantado por um usuário foi a dificuldade em identificar o bico da bomba de combustível utilizado no abastecimento, o que poderia gerar confusão ao selecionar a bomba no aplicativo. A sugestão foi que tanto o aplicativo quanto a própria bomba de combustível apresentassem indicações mais claras, ajudando o usuário a identificar facilmente qual bico foi utilizado.

Além dessas observações, outros participantes sugeriram melhorias que, embora não possam ser exploradas no escopo deste trabalho, podem ser implementadas em versões futuras do aplicativo. Uma dessas sugestões foi a integração de geolocalização no aplicativo, permitindo que o usuário busque, em um mapa integrado com Google Maps ou Waze, as notas e os resultados de verificações de outros usuários em postos de combustíveis. Isso ajudaria o usuário a tomar decisões mais informadas sobre onde abastecer, favorecendo postos com menos problemas relatados. A implementação desse recurso poderia elevar substancialmente a popularidade do aplicativo, pois permitiria ao usuário comparar a qualidade e a segurança dos postos antes de escolher onde abastecer. Além disso, tal funcionalidade estimularia um ambiente mais competitivo entre os estabelecimentos e facilitaria a escolha do local ideal para abastecimento, consolidando informações sobre preço e confiabilidade.

Um fato curioso percebido ao acompanhar os testes foi que pouquíssimos participantes de fato leram os termos de uso do aplicativo, que são exibidos ao acessar o aplicativo pela primeira vez. O aceite dos termos de uso é obrigatório, e a grande maioria dos usuários apenas clicou no botão "Li e aceito os termos de uso" e

prossegiram para a utilização do aplicativo. No caso do Medida Inteligente, os termos de uso informam ao usuário que o aplicativo coleta informações referentes a bomba de combustível e o dispositivo em que o aplicativo está instalado, sem nenhuma associação ao usuário.

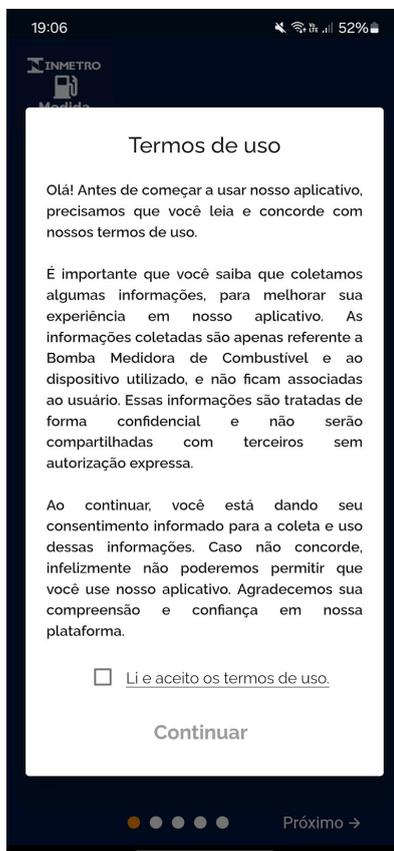


Figura 28: Termos de uso do Medida Inteligente

Algo semelhante aconteceu com as telas do tutorial, exibidas logo após a tela com os termos de uso. Elas também são mostradas apenas na primeira vez que o usuário acessa o Medida Inteligente. Embora mais usuários tenham lido as dicas do tutorial, uma quantidade significativa dos participantes do teste clicaram no botão "Pular", para ir diretamente ao final do tutorial. Portanto, mesmo que a seção de tutorial ofereça informações valiosas que facilitam o uso do aplicativo, o sistema não deve ser desenvolvido pressupondo que o usuário leu ou assimilou essas orientações.

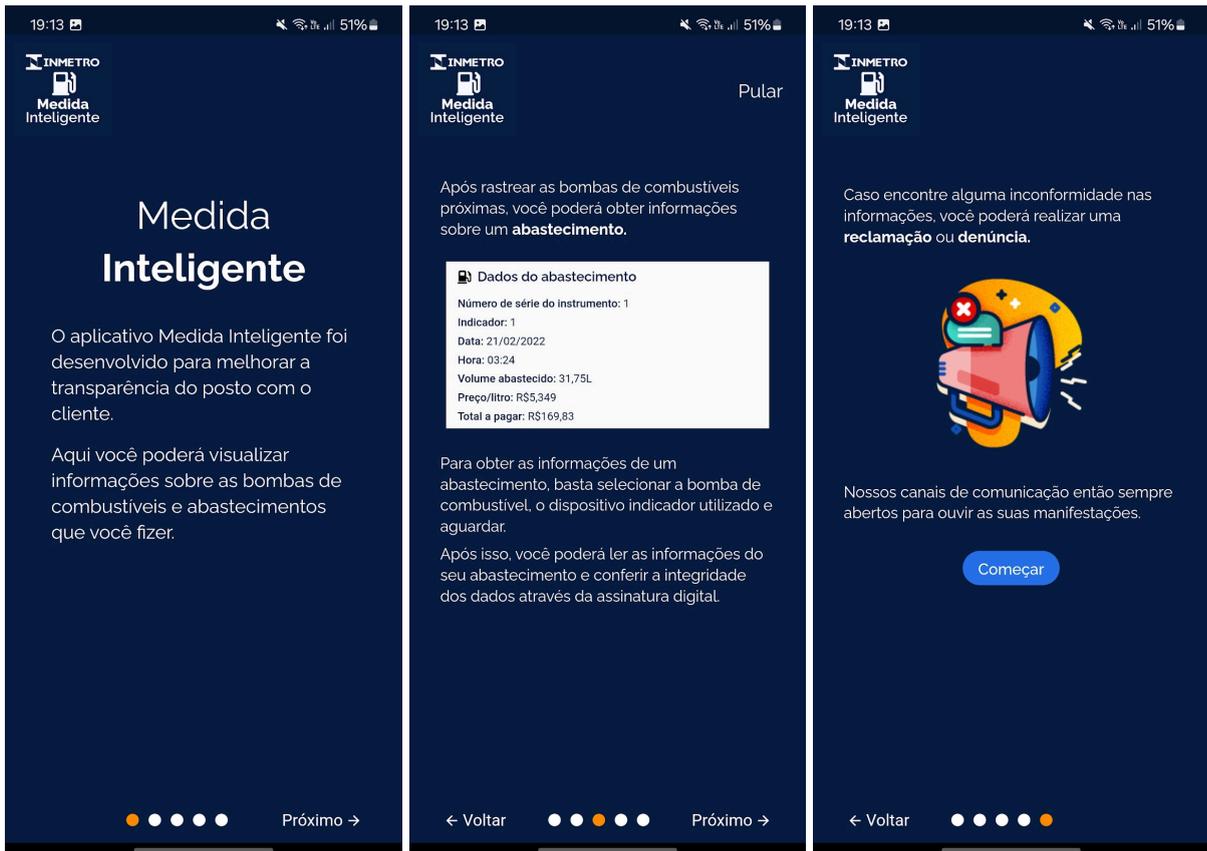


Figura 29: Tutorial do Medida Inteligente

6.2 Conclusão da primeira rodada de testes

Os resultados da primeira rodada de testes forneceram uma visão clara da usabilidade atual do aplicativo Medida Inteligente. Embora a média SUS de 84,83 indique uma boa aceitação, o feedback qualitativo dos usuários identificou áreas que podem ser aprimoradas para garantir uma experiência de uso mais intuitiva e acessível. Os principais desafios estão relacionados à simplificação da linguagem técnica e à apresentação mais clara dos resultados das verificações, o que será abordado na próxima versão do aplicativo. A expectativa é que essas melhorias resultem em um aumento significativo da usabilidade, refletido em uma elevação nas métricas SUS e no feedback qualitativo da segunda rodada de testes.

7 MODIFICAÇÕES NO APLICATIVO APÓS PRIMEIRA RODADA DE TESTES

Após a primeira rodada de testes de usabilidade, foram observadas dificuldades e sugestões oriundas dos testes realizados, algumas já mencionadas no capítulo anterior, que orientaram ajustes significativos no aplicativo. O objetivo das modificações que serão aqui apresentadas será aprimorar a experiência de uso e a clareza das informações apresentadas, facilitando o entendimento e a navegação para usuários com diversos níveis de familiaridade com a tecnologia e com os aspectos técnicos do sistema. Neste capítulo, todas as modificações serão apresentadas, justificando o motivo por trás de cada decisão tomada para buscar uma melhor usabilidade do aplicativo Medida Inteligente.

É importante ressaltar que todas as modificações apresentadas neste capítulo são propostas destinadas à equipe de desenvolvimento responsável pelo Medida Inteligente. As alterações implementadas em código estão armazenadas em um repositório privado no GitHub, de propriedade do autor deste trabalho. Porém, o que será exibido aqui não necessariamente estará presente na versão final do aplicativo.

7.1 Ajustes na tela inicial

Na tela inicial, foi necessário tornar o histórico de leituras mais intuitivo. Para isso, foi adotado o formato de botão, utilizando bordas e elevação para destacar as áreas clicáveis de forma padronizada. Essa modificação está em linha com o que preza a heurística de Nielsen número 4, que afirma que os usuários não devem se questionar se elementos do sistemas, nesse caso botões, têm as mesmas ações e podem ser clicáveis.

Além disso, cada leitura agora exibe o resultado simplificado do abastecimento com um sistema de cores indicativas (verde, vermelho ou amarelo), o que permite ao usuário identificar rapidamente o status de cada verificação. Essas modificações visam facilitar o acesso visual e melhorar a distinção entre os resultados diretamente na tela inicial do sistema. A modificação feita aqui se relaciona diretamente com a primeira heurística de Nielsen, que dita que o design deve, sempre que possível, manter o usuário informado do status do sistema. Além disso, a modificação tem relação também com a heurística número 2, que afirma que o sistema deve "falar a língua do usuário". Isso é feito evitando o uso de termos

técnicos de criptografia ao informar os resultados, optando pelo uso do resultado simplificado.

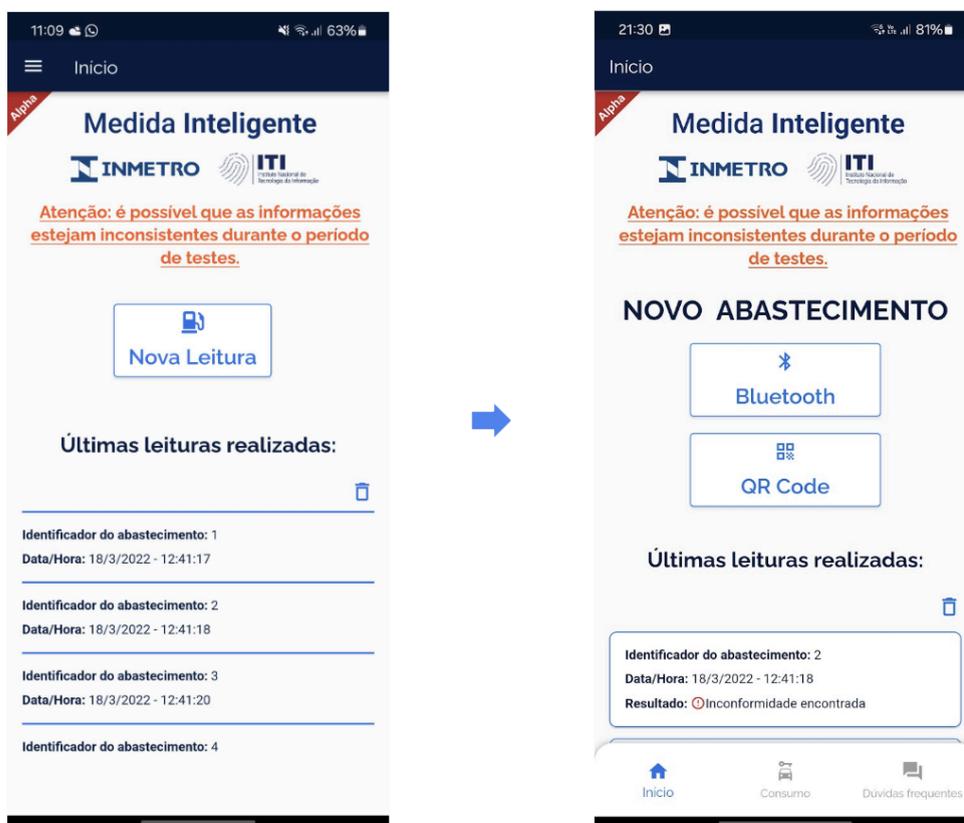


Figura 30: Novo histórico de abastecimentos do Medida Inteligente

7.2 Mudanças no Layout de Navegação

Com o intuito de otimizar a navegação, o menu lateral foi substituído por um menu inferior, o qual se mostra mais eficiente para destacar as principais opções. Essa mudança permitiu uma navegação mais acessível, reduzindo a necessidade de interação adicional para acessar recursos primários. As duas opções menos fundamentais e que podem ser acessadas por outros caminhos dentro do aplicativo, “Abastecimento por bluetooth” e “Abastecimento por qrcode”, foram removidas para simplificar ainda mais o layout e evitar sobrecarga de informações. Os botões que foram mantidos no novo menu inferior foram: “início”, que leva o usuário a tela inicial do aplicativo, onde é possível iniciar a leitura de um novo abastecimento e conferir os abastecimentos já realizados; “consumo”, faz a navegação para a tela onde é possível cadastrar um veículo e acompanhar o consumo de combustível a cada abastecimento; “Dúvidas frequentes”, acesso rápido a seção contendo explicações

acerca dos termos técnicos e funcionamento do Medida Inteligente, algo bastante requisitado pelos usuários na primeira rodada de testes. Aqui existem duas heurísticas de Nielsen fortemente relacionadas: heurística 3, que preza por uma liberdade maior para o usuário dentro da aplicação, fornecendo atalhos mais acessíveis para sair e entrar nas seções importantes do sistema; e a heurística 10, pois com essa modificação foi possível deixar a área de dúvidas frequentes mais acessível para o usuário que necessite.

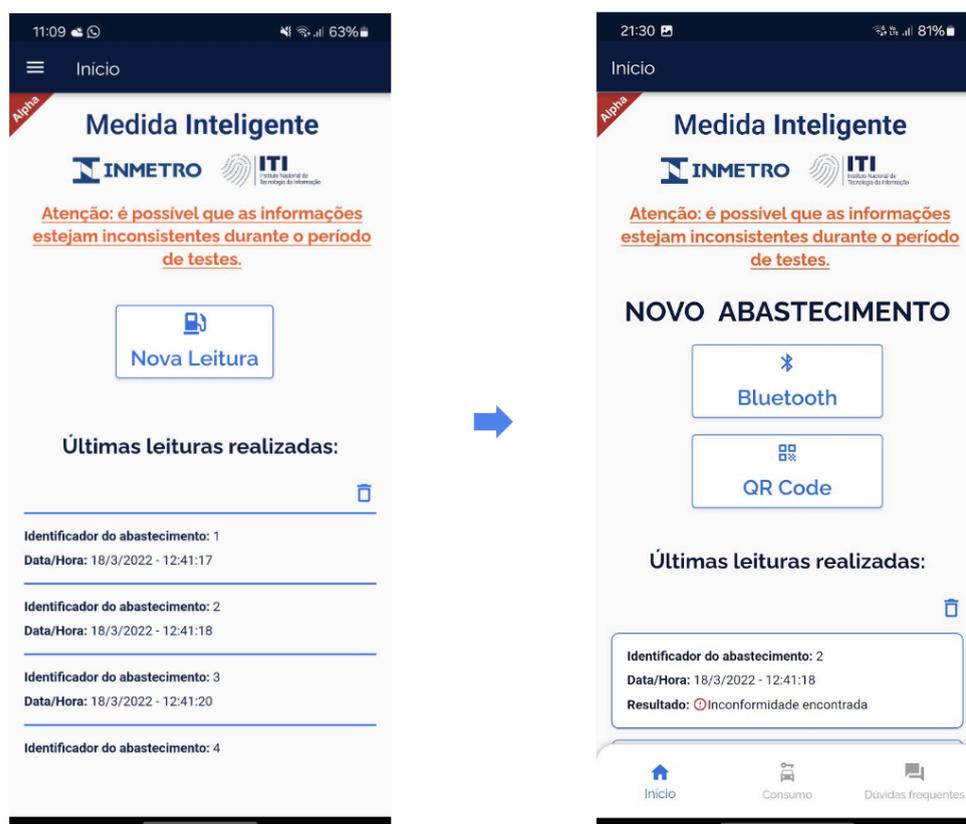


Figura 31: Nova tela inicial do Medida Inteligente

7.3 Padronização das Telas de Seleção de Bombas de Combustível

Nas telas de seleção de bombas de combustível, foi simplificado o processo de escolha. Agora, o usuário pode selecionar a bomba desejada diretamente ao clicar na mesma, sem a necessidade de um botão de confirmação. Além disso, o padrão visual de clique foi unificado com o restante do aplicativo, garantindo consistência na interface. Como mencionado anteriormente, essa melhoria relaciona-se com a heurística número 4, que dita que o usuário não deve se

questionar se, nesse caso, elementos visuais iguais, como botões, têm o mesmo comportamento.

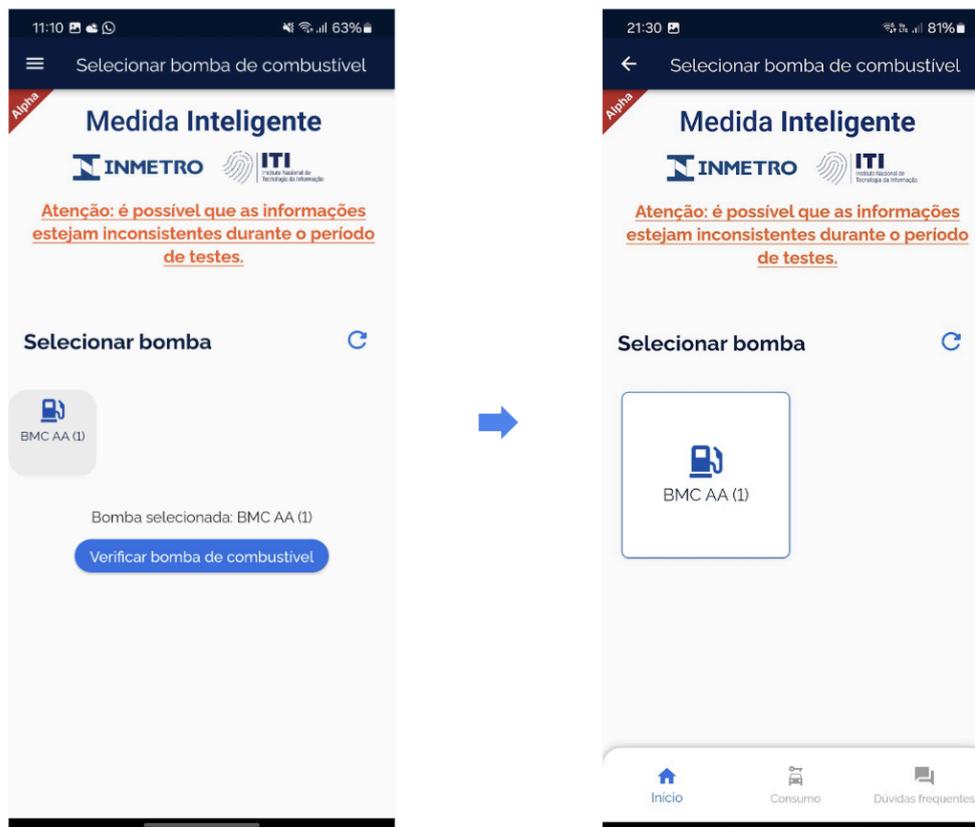


Figura 32: Nova tela de seleção de bomba do Medida Inteligente

7.4 Padronização do pop up contendo bicos da bomba de combustível

A adição de imagens e botões padronizados para cada bico no popup torna mais claro para o usuário qual bico deve ser selecionado, reduzindo a possibilidade de seleção equivocada. Essa modificação previne erros ao tornar a interface mais informativa e, ao mesmo tempo, intuitiva. Novamente, assim como no parágrafo anterior, essa melhoria relaciona-se com a heurística número 4, que dita que o usuário não deve se questionar se, nesse caso, elementos visuais iguais têm o mesmo comportamento. Além disso, a heurística 5 também está envolvida, pois essa modificação previne possíveis cliques em bicos equivocados por parte do usuário.

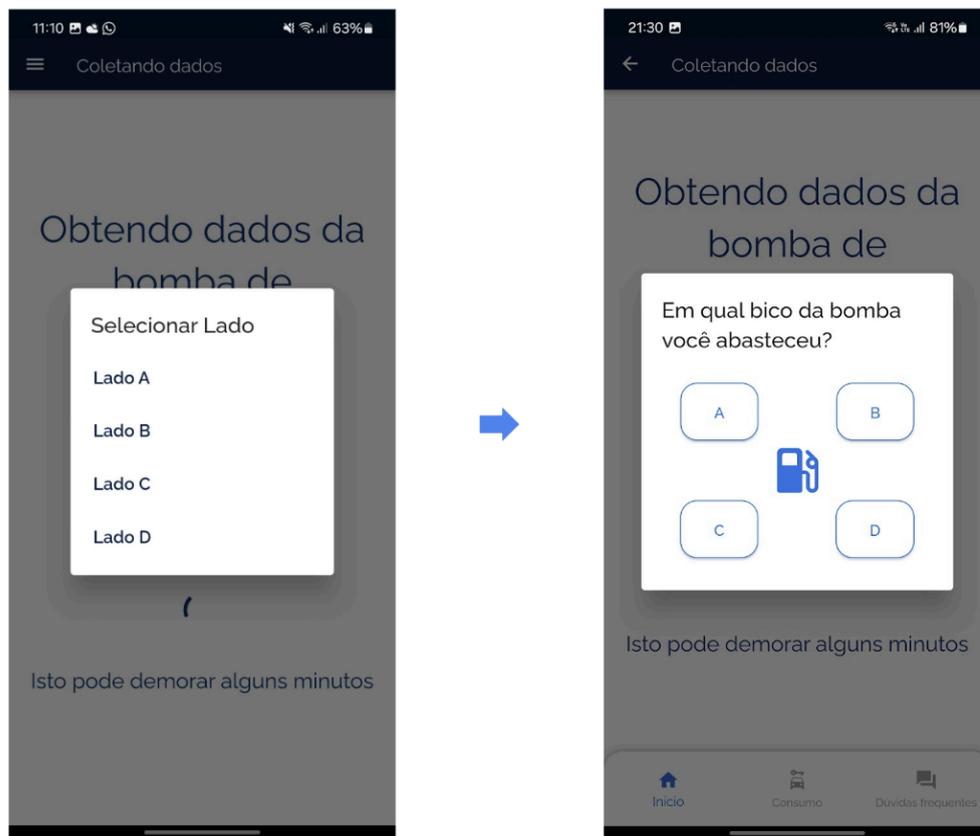


Figura 33: Nova tela de seleção de bico do Medida Inteligente

7.5 Aperfeiçoamento da Exibição dos Resultados de Abastecimento

A tela de resultados de abastecimento passou por uma reorganização para enfatizar o status da verificação, colocando o resultado logo no topo com um título mais descritivo, "Resultado da verificação do abastecimento". Foi implementado também um padrão mais simples para os estados de verificação, limitado a três: "Verificação bem-sucedida", "Indeterminado" (no caso de falta de internet para realização da verificação) e "Inconformidade encontrada". Essa simplificação foi especialmente pensada para atender usuários leigos, eliminando a necessidade de compreender termos técnicos diretamente. O resultado agora é exibido dentro de um container que recebe como fundo a cor relacionada com o resultado: verde, amarelo ou vermelho. Essa mudança relaciona-se diretamente com a heurística número 8 e número 2, que prezam pela simplicidade na comunicação com o usuário, evitando a utilização de termos técnicos possivelmente irrelevantes para o usuário.

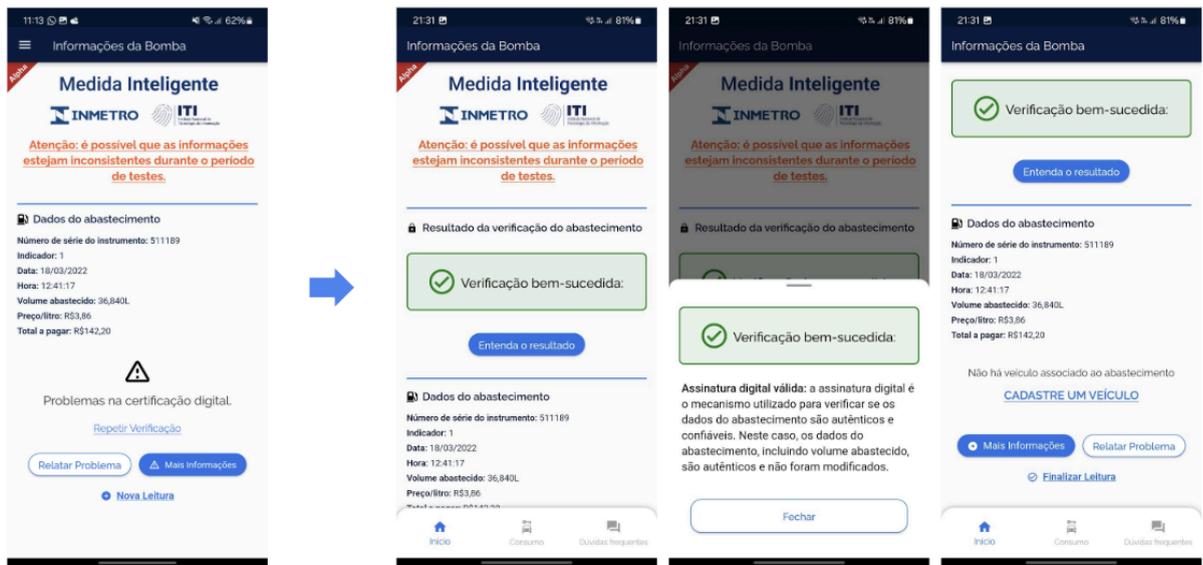


Figura 34: Nova tela de resultado de verificação de abastecimento do Medida Inteligente

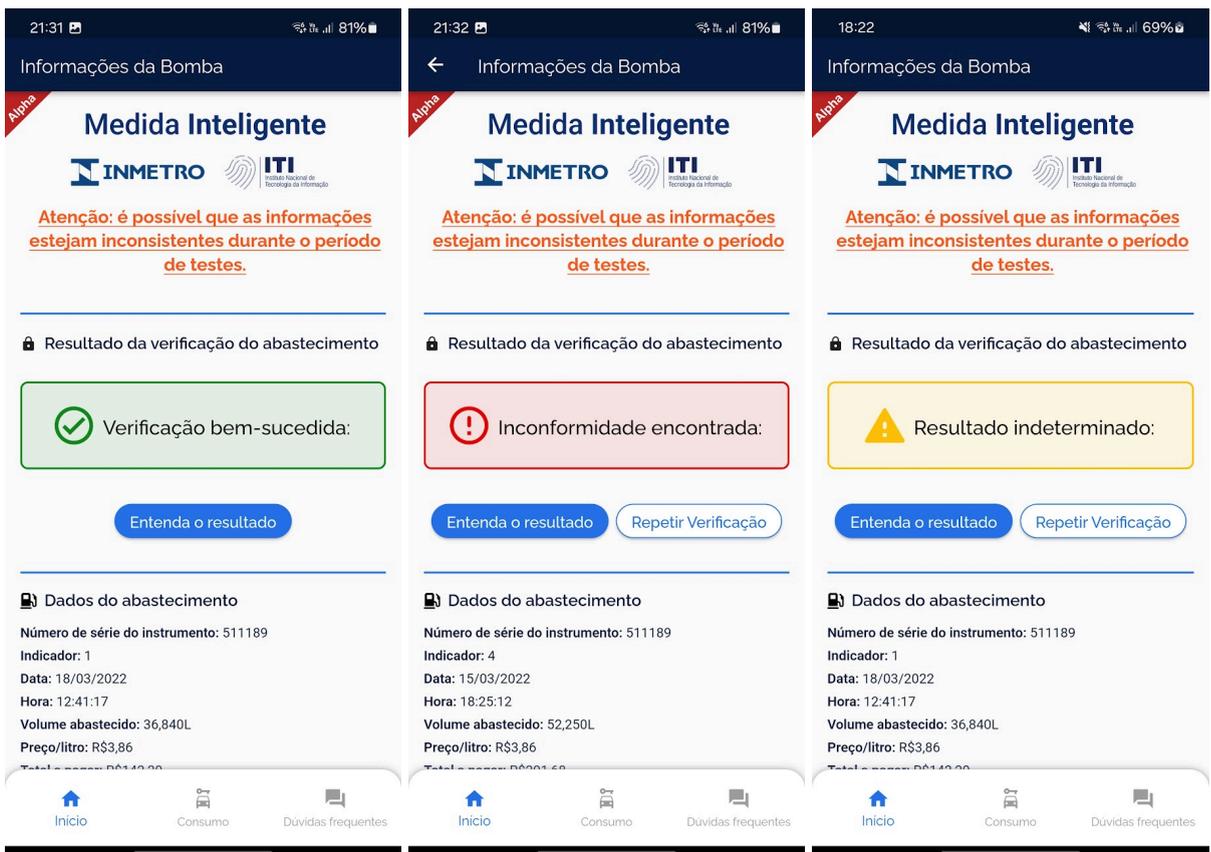


Figura 35: Todos os possíveis resultados de verificação de abastecimento do Medida Inteligente

Também foi adicionado um botão logo abaixo do resultado, que abre um *bottom sheet* com uma explicação do status, e, em casos de inconformidade, inclui

uma opção de “Relatar problema”. Dessa forma, os detalhes técnicos foram mantidos acessíveis, mas fora da interface principal, evitando distrações e confusões. Essa modificação relaciona-se novamente com a heurística número 10, fornecendo um acesso facilitado à explicação dos termos técnicos empregados no aplicativo.

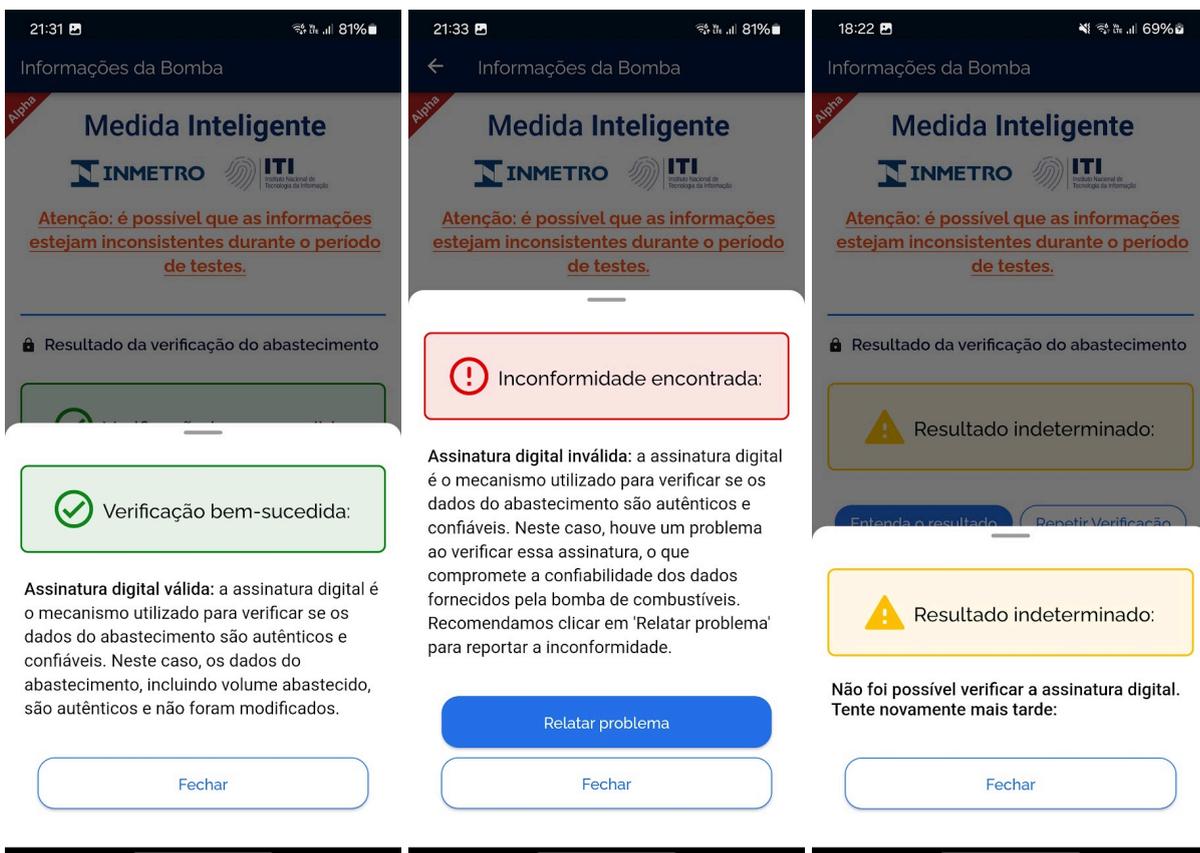


Figura 36: Bottom sheet contendo explicação rápida do resultado da verificação de abastecimento

Foi também substituído o botão “Nova leitura” pelo botão “Finalizar leitura”. O comportamento ao pressioná-lo é o mesmo: ir para a tela inicial do aplicativo. Mas com o novo nome, o botão indica de forma mais clara para o usuário o que ele se propõe a fazer. Além disso, como mencionado por alguns usuários durante os testes, “Nova leitura” não indicava de forma clara que se tratava de um botão para finalizar a leitura atual e navegar até a tela inicial do aplicativo.

Os botões da parte inferior da tela receberam uma nova disposição, deixando do lado esquerdo o botão na cor azul, “Mais informações” que é a opção principal da tela. No lado direito o botão na cor branca, “Relatar problema”, utilizado

prioritariamente em caso de fraude. E na parte inferior o botão sublinhado, “Finalizar leitura”, que finaliza o fluxo atual.

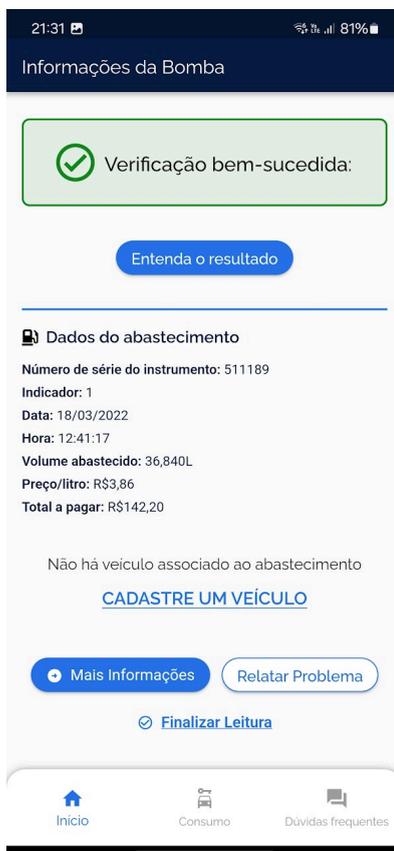


Figura 37: Nova disposição dos botões na tela de resultado de verificação de abastecimento

7.6 Melhorias na Tela de Detalhes do Abastecimento

Essa tela é acessada a partir do botão “Mais informações”, localizado na tela de resultados do abastecimento, demonstrado na Figura 37. Para a exibição dos detalhes de abastecimento, foi feita uma alteração para que as informações do transdutor apareçam sempre expandidas, excluindo o componente que omitia informações de cada transdutor envolvido no abastecimento. Isso porque a grande maioria dos abastecimentos terão apenas um único transdutor envolvido, sendo desnecessário comprimir informações que cabem tranquilamente na tela e são importantes para o usuário, como validade da cadeia certificadora e assinatura digital. Isso possibilita que o usuário role a tela diretamente, sem a necessidade de expandir manualmente cada seção.

Também foi inserido um botão de “Dados avançados” que permite o acesso a uma nova tela que contém o JSON do certificado e da resposta do verificador,

visando transparência para quem desejar detalhes mais profundos sem confundir usuários que não se interessam por esses dados técnicos. Essa mudança está ligada diretamente a heurística de número 7, que prega que o sistema deve ser flexível e atender com eficiência tanto usuários inexperientes como os mais experientes e interessados nesse tipo de informação.

O botão que leva para a nova tela contendo informações do certificado e da resposta do verificador fica do lado esquerdo, em azul, chamado de “Dados avançados”. No lado direito fica o botão “Relatar problema”, em branco. Além disso, assim como na tela de resultado, o botão “Nova Leitura” foi substituído por “Finalizar Verificação” e para manter uma coerência no fluxo de navegação. Manter esse mesmo padrão de disposição de botões nas duas telas que disponibilizam informações acerca do abastecimento é uma boa prática relacionada à heurística de Nielsen número 4, que busca manter consistência e padrão na interface do aplicativo.

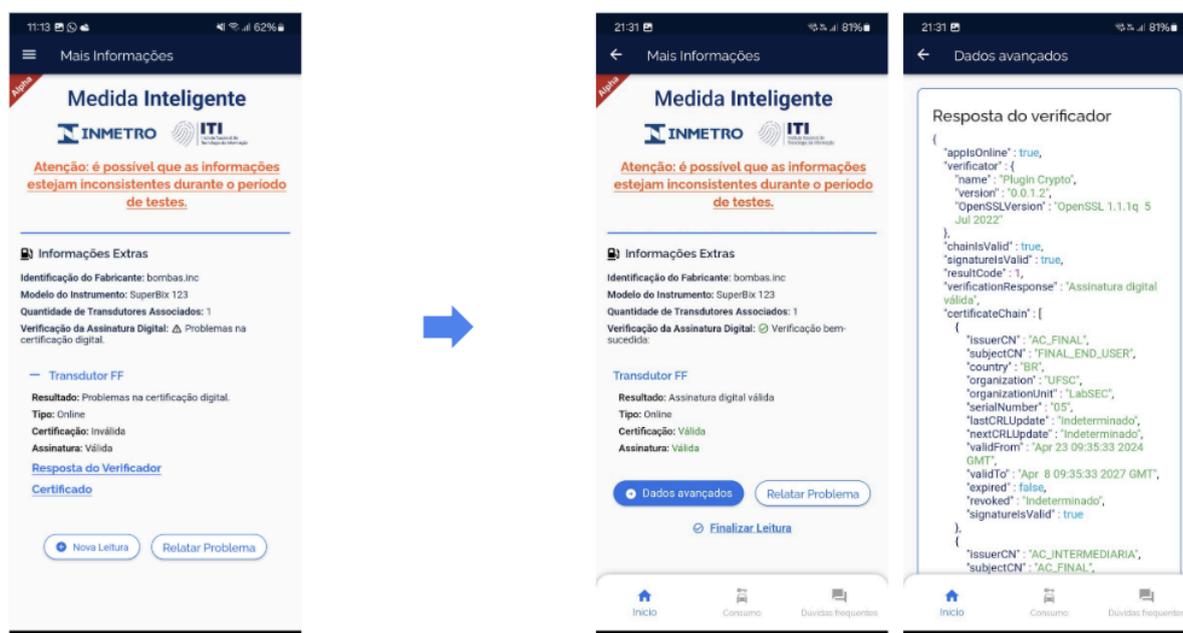


Figura 38: Nova tela mais detalhes do abastecimento e nova tela contendo resposta do verificador e certificado digital na íntegra

Na tabela 1 é possível verificar um resumo das heurísticas empregadas, relacionando todas as modificações feitas no Medida Inteligente.

Heurística	Locais de Aplicação
1 - Visibilidade do status do sistema	<ul style="list-style-type: none"> • Histórico de leituras: exibição de status simplificado com cores indicativas (verde, vermelho, amarelo).
2 - Correspondência entre o sistema e o mundo real	<ul style="list-style-type: none"> • Resultados do abastecimento: uso de termos simples em vez de jargões técnicos para descrever o status da verificação.
3 - Controle e liberdade do usuário	<ul style="list-style-type: none"> • Menu inferior: navegação mais acessível com atalhos diretos para seções importantes, como "Dúvidas frequentes".
4 - Consistência e padrões	<ul style="list-style-type: none"> • Botões padronizados em várias áreas do aplicativo. • Padrão de disposição de botões nas telas de resultados e detalhes do abastecimento.
5 - Prevenção de erros	<ul style="list-style-type: none"> • Popup de seleção de bicos: adição de imagens e botões padronizados para evitar cliques incorretos.
7 - Flexibilidade e eficiência de uso	<ul style="list-style-type: none"> • Tela de detalhes do abastecimento: botão de "Dados avançados" para atender usuários experientes que desejam visualizar informações técnicas detalhadas.
8 - Estética e design minimalista	<ul style="list-style-type: none"> • Tela de resultados de abastecimento: organização simplificada, destacando informações importantes e eliminando termos técnicos irrelevantes.
10 - Ajuda e documentação	<ul style="list-style-type: none"> • Acesso direto às "Dúvidas frequentes" pelo menu inferior. • <i>Bottom sheet</i> explicativo sobre o resultado do abastecimento com opção de "Relatar problema".

Tabela 1: Aplicações das heurísticas de Nielsen no Medida Inteligente

8 RESULTADOS E DISCUSSÃO DA SEGUNDA RODADA DE TESTES

Neste capítulo, serão apresentados os resultados da segunda rodada de testes de usabilidade do aplicativo Medida Inteligente. Além disso, serão discutidas as implicações de cada modificação feita no sistema, demonstradas no capítulo anterior. As modificações buscaram minimizar frustrações, melhorar a clareza das informações e reduzir a quantidade de passos necessários para realizar as operações mais comuns no aplicativo.

8.1 Apresentação e discussão dos resultados

Nesta segunda rodada, o aplicativo foi testado após a implementação de diversas melhorias de usabilidade. Dessa forma, foi possível obter um panorama do impacto das modificações no sistema. Assim como na primeira rodada de testes, os participantes foram solicitados a realizar os mesmos três abastecimentos no aplicativo, cada um com um resultado diferente. Ao término, responderam ao mesmo questionário aplicado aos participantes da primeira rodada de testes, que inclui perguntas demográficas, dez questões do SUS e sete perguntas adicionais focadas na compreensão de termos técnicos e no sentimento de confiança e segurança ao utilizar a aplicação. Os resultados serão demonstrados e comentados seguindo a mesma estrutura utilizada no capítulo 7, separando cada seção do questionário (questões demográficas, questionário SUS e questões relacionadas à segurança) em subcapítulos deste capítulo.

8.1.1 Questões demográficas

Para iniciar a análise da segunda rodada de testes, examinamos novamente os dados demográficos dos participantes, visando identificar o perfil dos usuários envolvidos e suas características relevantes. Essas informações permitem correlacionar aspectos específicos do público com a experiência de usabilidade e interpretação de termos no aplicativo. A seguir, serão detalhadas as principais características demográficas coletadas, que contribuem para uma visão mais aprofundada do impacto de diferentes perfis na interação com o Medida Inteligente.

- **Qual a sua idade?**

Conforme dito anteriormente, o grupo de participantes da primeira rodada de testes foi composto por 15 usuários, dos quais 5 (33,3%) tinham mais de 50 anos e

10 (66,7%) estavam na faixa etária de 18 a 49 anos. É importante manter o mesmo número de usuários dentro de cada faixa etária comparando as duas rodadas de testes, visto que esse é reconhecidamente um dos principais fatores que interferem na usabilidade de um sistema digital, como o Medida Inteligente. Além disso, como já mencionado neste trabalho, o aplicativo tem um público-alvo diverso e de todas as idades, o que ressalta a importância de avaliar a usabilidade com usuários com idades variadas.

2. Qual a sua idade?



Figura 39: Gráfico contendo respostas da pergunta 2 do questionário demográfico da segunda rodada de testes

- **Qual o seu nível de experiência com aplicativos de celular?**

Na segunda rodada de testes, observou-se uma distribuição mais equilibrada no nível de experiência com aplicativos móveis. Três participantes (20%) declararam ter pouca experiência, oito (53,3%) afirmaram possuir média experiência, e quatro (26,7%) indicaram ter muita experiência. Em comparação com a primeira rodada, nota-se uma diminuição no número de usuários com alta familiaridade tecnológica e um aumento na quantidade de participantes com pouca ou média experiência. Esse é um indício que a população participante da segunda rodada de testes pode ter uma maior dificuldade ao utilizar o aplicativo, o que pode impactar diretamente o resultado quantitativo de usabilidade utilizado neste trabalho. Porém, respostas

qualitativas positivas de usuários menos experientes podem dar maior segurança e respaldo às modificações realizadas no Medida Inteligente.

3. Qual o seu nível de experiência com aplicativos de celular?



Figura 40: Gráfico contendo respostas da pergunta 3 do questionário demográfico da segunda rodada de testes

• Qual a sua formação?

Na segunda rodada de testes, os dados sobre o nível de formação dos participantes indicaram uma predominância de perfis acadêmicos fora da área de informática. Apenas 2 participantes (13,3%) possuem ensino superior completo ou incompleto em cursos relacionados, como Sistemas de Informação ou Ciência da Computação, enquanto a grande maioria, 13 participantes (86,7%), possuem formação em outras áreas. Nenhum dos participantes declarou não possuir pelo menos ensino superior completo.

4. Qual a sua formação?

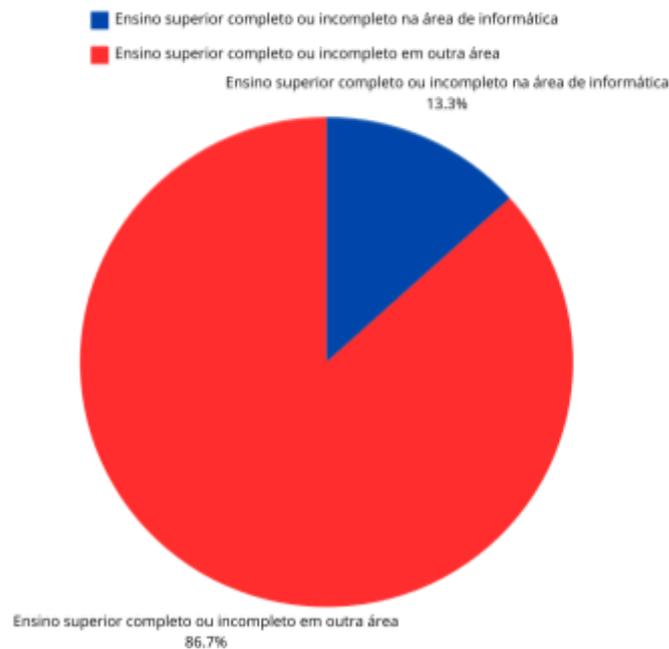


Figura 41: Gráfico contendo respostas da pergunta 4 do questionário demográfico da segunda rodada de testes

- **Você trabalha ou já trabalhou profissionalmente na área de tecnologia, como engenharia de software, ciência de dados ou áreas relacionadas?**

Na segunda rodada de testes, observou-se uma experiência profissional limitada dos participantes na área de tecnologia. Apenas 2 participantes (13,3%) já trabalharam ou trabalham em setores como engenharia de software, ciência de dados ou áreas afins, enquanto a maioria, 13 participantes (86,7%), não possui experiência profissional nessa área.

5. Você trabalha ou já trabalhou profissionalmente na área de tecnologia, como engenharia de software, ciência de dados ou áreas relacionadas?

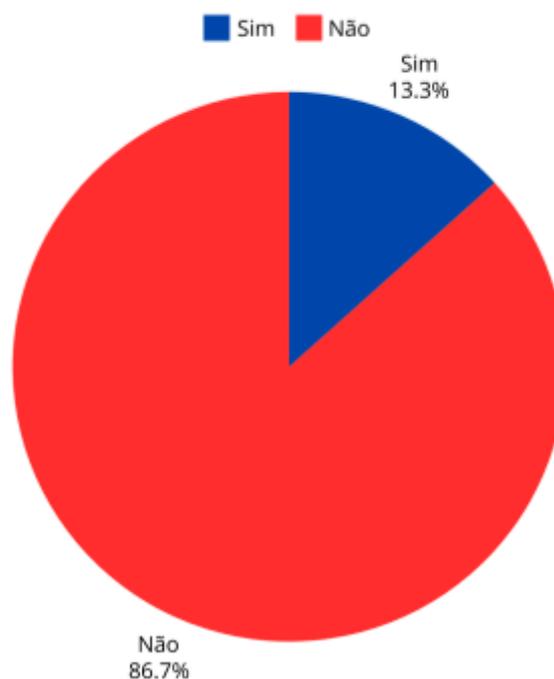


Figura 42: Gráfico contendo respostas da pergunta 5 do questionário demográfico da segunda rodada de testes

A análise conjunta do perfil educacional e profissional dos participantes da segunda rodada revela um contexto relevante para a avaliação de usabilidade do Medida Inteligente. Em comparação, a primeira rodada contou com uma representação maior de participantes com formação e vivência na área de tecnologia. Esse contraste entre as rodadas permitirá observar na segunda rodada de teste como o aplicativo é interpretado por um público mais predominantemente alheio ao campo técnico da informática. Por outro lado, os participantes com formação ou experiência na área poderão oferecer um olhar mais técnico e sensível a detalhes, possibilitando um contraponto valioso na análise de usabilidade. Essa diversidade, portanto, contribui para uma compreensão mais ampla de como o aplicativo atende a diferentes perfis de usuários.

8.1.2 Questões SUS (System Usability Scale)

Os resultados da segunda rodada de testes indicam que o aplicativo Medida Inteligente alcançou uma média geral de usabilidade de 86,5 na escala SUS, conforme os cálculos descritos no capítulo 2 deste trabalho. Esse valor, que

corresponde novamente à nota B, está dentro da faixa considerada aceitável e reflete uma usabilidade dentro do que é considerado “melhor imaginável”, faixa que vai de 86 até o valor máximo, 100. Portanto, é possível visualizar um leve aprimoramento no valor SUS em relação ao valor encontrado na primeira rodada de testes, e um salto de “excelente” para “melhor Imaginável” na classificação apresentada na Figura 43. Essa pontuação sugere um avanço na experiência do usuário, ainda mais levando em conta que a população que realizou a segunda rodada de testes é teoricamente menos tecnologicamente experiente. Isso reforça a eficácia das melhorias implementadas após a primeira fase de testes e destaca o potencial do refinamento contínuo de um sistema a partir de testes de usabilidade com usuários.

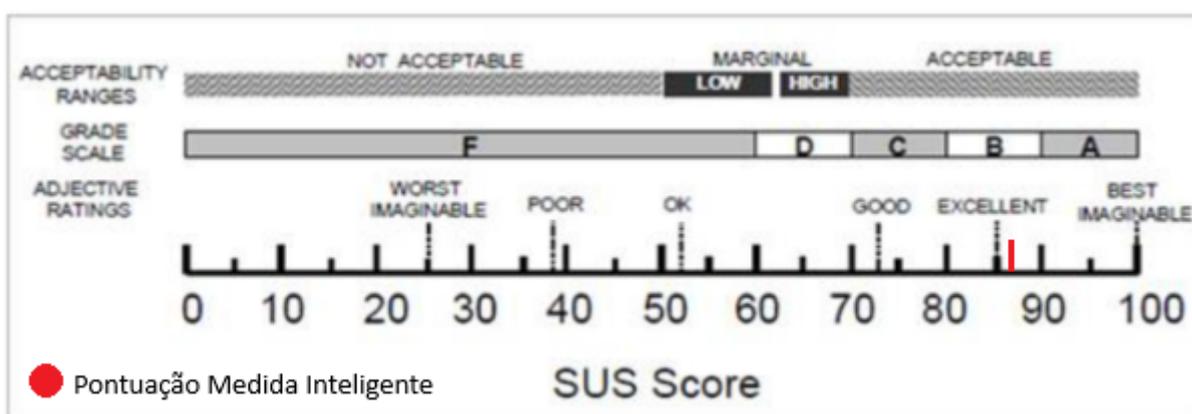


Figura 43: Escala contendo nova pontuação SUS (BANGOR et al., 2013)

Além da média geral, foi calculada a média de respostas para cada questão do SUS, com destaque para as perguntas que obtiveram melhores e piores avaliações:

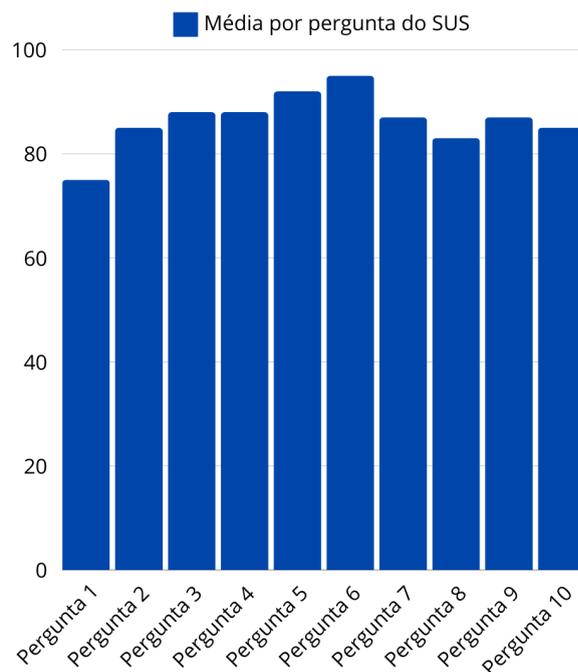


Figura 44: Pontuação por cada pergunta do questionário SUS da segunda rodada de testes

- **Questões com melhor desempenho:**

- "Eu acho que o sistema apresenta muita inconsistência" (média: 95).
- "Eu acho que as várias funções do sistema estão muito bem integradas" (média: 91.67).

- **Questões com pior desempenho:**

- "Eu acho que gostaria de usar esse sistema com frequência" (média: 75).
- "Eu achei o sistema atrapalhado de usar" (média: 83.33).

Os resultados da segunda rodada evidenciam uma melhora modesta na usabilidade do aplicativo Medida Inteligente em relação à primeira fase de testes, quando é avaliada apenas a pontuação SUS. Porém, a melhora se torna mais robusta quando é levado em conta o grupo de participantes da segunda rodada de teste, que possui uma familiaridade tecnológica menor. Isso demonstra que as melhorias implementadas após a primeira rodada tiveram um impacto positivo na experiência do usuário. Embora a necessidade de compreender novos conceitos técnicos, como “assinatura digital” e “certificado digital”, ainda seja um desafio para alguns, o progresso na usabilidade confirma que o aplicativo está mais alinhado com as expectativas dos usuários, consolidando uma base sólida para futuras otimizações. O avanço na percepção de usabilidade será ainda mais profundamente

percebido com ajuda das respostas relacionadas às questões relacionadas à segurança, no próximo subcapítulo do trabalho.

8.1.3 Questões relacionadas à segurança

Novamente, além dos resultados quantitativos do SUS, os participantes também forneceram feedback qualitativo a respeito de aspectos específicos do aplicativo, principalmente no que diz respeito ao entendimento de termos técnicos dentro da temática de criptografia, como "assinatura digital" e "certificado digital". As respostas da segunda rodada de testes também podem ser consultadas integralmente por meio de link disponibilizado no apêndice C deste trabalho.

- **Ao verificar os resultados dos dados do abastecimento no aplicativo, você se sente confiante em entender o significado de "assinatura digital válida", "assinatura digital inválida" e "problemas na certificação digital"?**

A intenção da primeira pergunta é avaliar a compreensão dos usuários acerca dos termos técnicos utilizados no aplicativo, como "assinatura digital válida", "assinatura digital inválida" e "problemas na certificação digital". Na segunda rodada de testes, os resultados mostraram um aumento na confiança quando comparado ao resultado obtido na primeira rodada de testes. Dessa vez, 12 participantes (80%) afirmaram se sentir confiantes em compreender esses conceitos, enquanto apenas 3 (20%) relataram insegurança quanto à terminologia utilizada.

Essa melhoria sugere que as adaptações feitas para tornar a linguagem técnica mais acessível, principalmente com a criação do botão "Entenda o resultado", e o contexto dos termos mais claros foram bem-sucedidas. A redução da parcela de participantes que ainda enfrenta dificuldades indica que o aplicativo está mais intuitivo para usuários com menos experiência em segurança digital, o que fortalece a usabilidade geral do Medida Inteligente e facilita a distinção de situações normais ou suspeitas durante o abastecimento.

1. Ao verificar os resultados dos dados do abastecimento no aplicativo, você se sente confiante em entender o significado de "assinatura digital válida", "assinatura digital inválida" e "problemas na certificação digital"?

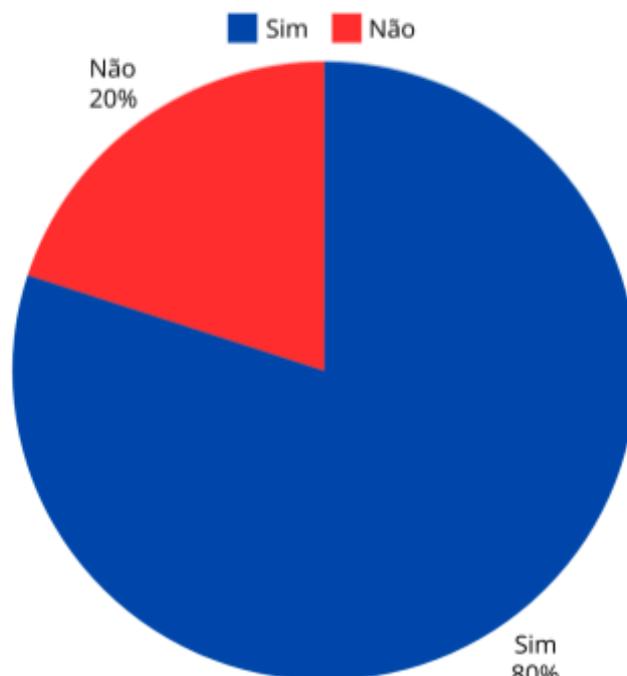


Figura 45: Gráfico contendo respostas da pergunta 1 do questionário relacionado à segurança da segunda rodada de testes

- **Ao verificar os resultados dos dados do abastecimento no aplicativo, você se sente confiante em entender o significado de "assinatura digital válida", "assinatura digital inválida" e "problemas na certificação digital"? Explique**

Ao analisar respostas da questão número dois do formulário relacionado a segurança, foi possível perceber que de forma geral as respostas são parecidas com as encontradas na primeira rodada de testes, mas com algumas diferenças importantes. Assim como na primeira rodada, pouquíssimos participantes conseguiram chegar a uma resposta próxima do que seria considerado como correto para explicar os conceitos de segurança abordados, como "assinatura digital válida", "assinatura digital inválida" e "problemas na certificação digital". Em geral e principalmente na segunda rodada de testes, os usuários conseguiram apenas distinguir um resultado "positivo" ("assinatura digital válida") de um caso negativo ("assinatura digital inválida" ou "problemas na certificação digital"). Porém, na segunda rodada de testes, nenhum participante sugeriu melhorias ou reclamou

sobre a falta de algum auxílio para chegar a uma resposta. Na primeira rodada de testes, foram registradas respostas que contém frases como:

- “O significado poderia ser mais explícito”;
- “Eu achei que faltou um pouco mais de informação no aplicativo sobre a assinatura digital e certificação. Por exemplo, um pequeno botão na frente da assinatura digital que ao clicar abre um pop-up com um pequeno resumo da sua utilidade.”;
- “Gostaria de que obtivesse uma explicação abaixo de tais afirmações para não ter apenas uma noção vaga do que realmente significam elas. Em contrapartida não havia me dado conta do tópico dúvidas frequentes.”;
- “Não entendi direito o que quer dizer e não achei a explicação”;
- “Essa parte me deixou um pouco confusa, pensei que seria algum erro no aplicativo. Para alguém, que assim como eu é um pouco leiga no assunto, seria ideal deixar de uma forma mais clara.”

Na segunda rodada de testes, esse tipo de resposta não foi registrada, o que sinaliza que as dificuldades encontradas pelos usuários na primeira rodada de testes foram sanadas pelas modificações implementadas no aplicativo. Os participantes da segunda rodada de testes se mostraram mais confiantes ao responder essa pergunta. Porém, essa confiança aparentemente não se traduziu em entendimento real dos termos de segurança empregados.

Analisando os resultados das duas rodadas de testes, fica bastante claro que quanto menos contato o usuário leigo tiver com termos nichados, como os empregados atualmente no Medida Inteligente, melhor será sua avaliação de usabilidade e confiança no sistema. Inclusive é possível destacar uma frase registrada em uma das respostas da segunda rodada de testes, em que o participante afirma, após tentar explicar os termos de segurança: “De qualquer forma, independente de saber ou não o que isso significa, o sistema explica. A informação mais válida para o consumidor é a integridade do produto que está adquirindo.”. Essa percepção reflete que não é necessário que o consumidor entenda profundamente o significado técnico dos termos, mas que seja capaz de identificar o problema de forma suficiente para definir a necessidade de fazer uma denúncia. A identificação detalhada do problema será importante apenas na etapa posterior de fiscalização pelo INMETRO nos postos potencialmente problemáticos,

reforçando que a interface do aplicativo deve focar em transmitir informações claras e acionáveis para o usuário comum.

- **Há no aplicativo uma tela de "Dúvidas frequentes", que busca auxiliar o usuário a compreender termos técnicos utilizados no aplicativo como "assinatura digital" e "certificado digital". Você considera essa uma seção fundamental para o entendimento completo do sistema?**

Ao responder a questão número 3, novamente todos os participantes (100%) responderam que sim, a área de dúvidas frequentes é fundamental para o entendimento completo do sistema. Esse resultado alerta que, mesmo com a adição da explicação do resultado diretamente na tela do abastecimento, os usuários ainda consideram importante uma área que une todas as possíveis dúvidas que o aplicativo pode trazer. Foi percebido durante os testes que foi efetivo colocar um acesso mais visível a essa área do aplicativo. Durante a segunda rodada de testes, alguns usuários acessaram a tela de dúvidas frequentes, mesmo que de forma rápida. Por conta disso, é possível dizer que dar mais visibilidade a área de dúvidas frequentes foi uma mudança que de fato impactou positivamente a usabilidade do aplicativo.

3. Há no aplicativo uma tela de "Dúvidas frequentes", que busca auxiliar o usuário a compreender termos técnicos utilizados no aplicativo como "assinatura digital" e "certificado digital". Você considera essa uma seção fundamental para o entendimento completo do sistema?

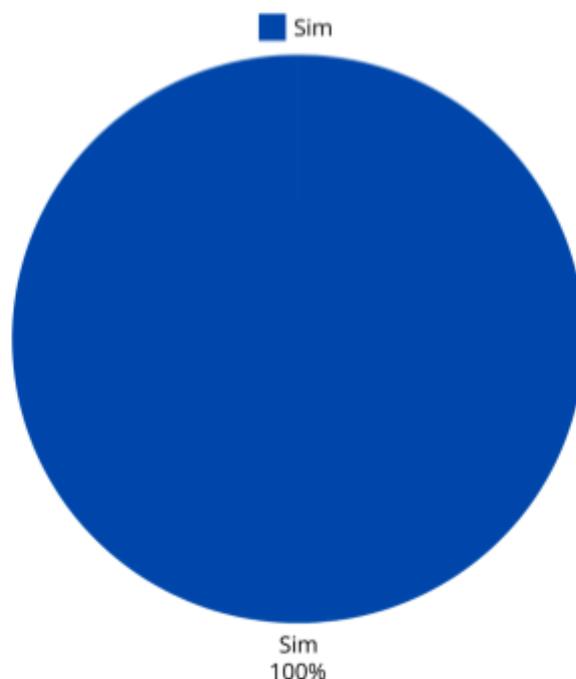


Figura 46: Gráfico contendo respostas da pergunta 3 do questionário relacionado à segurança da segunda rodada de testes

- **Imagine que você acabou de abastecer seu veículo em um posto desconhecido e está usando o aplicativo para verificar a autenticidade dos dados. Ao ver a mensagem "assinatura digital válida", você confiaria mais no posto de combustível?**

A pergunta 4 buscou avaliar a confiança dos usuários ao verificar a autenticidade dos dados com o aplicativo. Diante do cenário hipotético de abastecimento em um posto desconhecido, ao ver a mensagem “assinatura digital válida”, todos os participantes novamente afirmaram que confiariam mais no posto de combustível.

4. Imagine que você acabou de abastecer seu veículo em um posto desconhecido e está usando o aplicativo para verificar a autenticidade dos dados. Ao ver a mensagem "assinatura digital válida", você confiaria mais no posto de combustível?

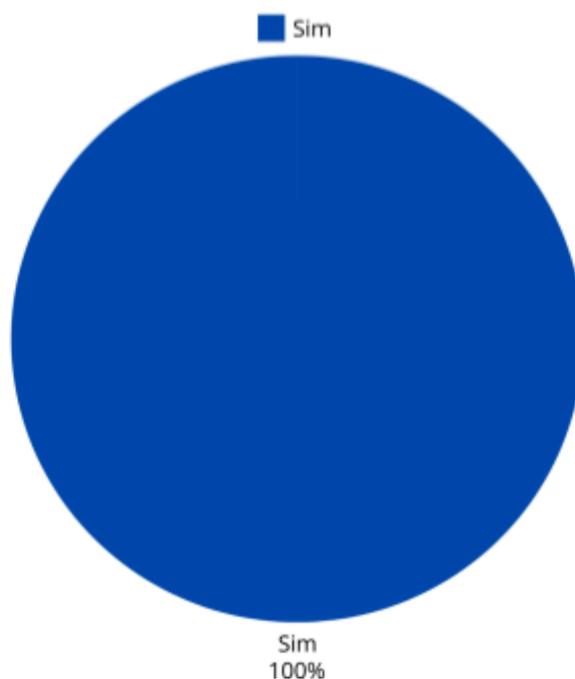


Figura 47: Gráfico contendo respostas da pergunta 4 do questionário relacionado à segurança da segunda rodada de testes

- **No mesmo exemplo anterior, caso as mensagens "assinatura digital inválida" ou "problemas na certificação digital" fossem exibidas, você estaria disposto a utilizar o aplicativo para denunciar o posto de combustível responsável por esses resultados?**

A pergunta 5 abordou a disposição dos usuários em denunciar postos de combustíveis caso surgissem mensagens de “assinatura digital inválida” ou “problemas na certificação digital”. Todos os participantes responderam “sim” a essa questão, demonstrando que mesmo após as mudanças feitas no aplicativo, ainda estão dispostos a usar o aplicativo como um canal de denúncia em situações suspeitas.

5. No mesmo exemplo anterior, caso as mensagens "assinatura digital inválida" ou "problemas na certificação digital" fossem exibidas, você estaria disposto a utilizar o aplicativo para denunciar o posto de combustível responsável por esses resultados?

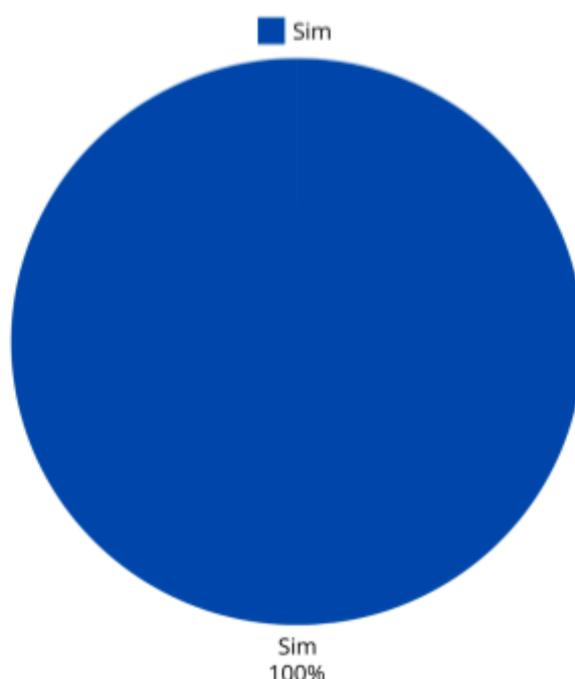


Figura 48: Gráfico contendo respostas da pergunta 5 do questionário relacionado à segurança da segunda rodada de testes

- **Você acredita que a utilização do aplicativo Medida Inteligente poderia efetivamente funcionar como um instrumento poderoso no combate às fraudes no setor de combustíveis no Brasil?**

A pergunta 6 indagou os participantes sobre a eficácia do Medida Inteligente como instrumento no combate a fraudes. Todos os participantes responderam positivamente, indicando que o potencial do aplicativo para enfrentar irregularidades no setor de combustíveis no Brasil segue intacto após as modificações realizadas.

6. Você acredita que a utilização do aplicativo Medida Inteligente poderia efetivamente funcionar como um instrumento poderoso no combate às fraudes no setor de combustíveis no Brasil?

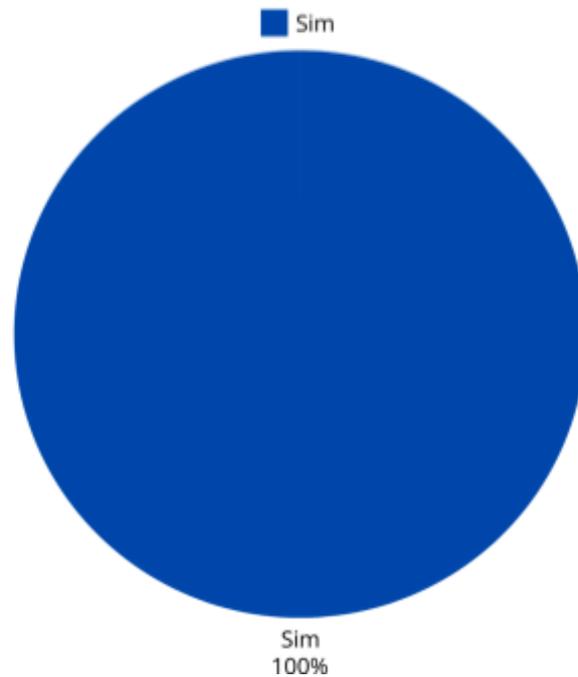


Figura 49: Gráfico contendo respostas da pergunta 6 do questionário relacionado à segurança da segunda rodada de testes

- **O que você modificaria no aplicativo?**

A última pergunta buscou novamente incentivar os participantes dos testes a sinalizar possíveis melhorias no aplicativo Medida Inteligente. Nos próximos parágrafos, será feita uma análise criteriosa das respostas, buscando identificar novas ideias pertinentes ao sistema. Mas principalmente verificar se as sugestões recebidas na primeira rodada de testes e implementadas no aplicativo foram de alguma forma apreciadas pelos novos participantes.

Assim como foi relatado na resposta dessa pergunta na primeira rodada de testes, a principal sugestão de melhoria recebida foi em relação a uma maior simplificação dos termos técnicos sobre criptografia encontrados no aplicativo. Mesmo com o esforço feito na etapa de modificações deste trabalho, as respostas das perguntas 2 e 7 do questionário relacionado a segurança permitem afirmar com relativa certeza que o entendimento dos termos de segurança empregados no aplicativo não sofreu melhoria significativa entres as duas rodadas de testes. Como dito anteriormente, na segunda rodada de testes os participantes conseguiram

distinguir com mais confiança um abastecimento normal de um abastecimento fraudulento. Porém as respostas recebidas para a questão 7 na segunda rodada de testes atestam que ainda há bastante dificuldade de compreensão dos termos técnicos. Um fator que pode ter influenciado a persistência de respostas indicando dificuldade de entendimento dos termos técnicos está relacionado ao próprio questionário aplicado. Devido ao prazo limitado para a conclusão do trabalho, não foi possível submeter uma versão atualizada do formulário ao CEPESH e aguardar sua aprovação. Isso pode ter causado confusão entre os participantes, considerando que, na segunda rodada de testes, os termos técnicos foram mais omitidos, não aparecendo diretamente na comunicação dos resultados. No entanto, o questionário manteve perguntas que abordavam esses termos de forma explícita. Além disso, uma parcela minoritária dos usuários sequer interagiu com o botão “Entenda o resultado” ou com a seção de “Dúvidas frequentes”, onde os termos técnicos eram explicados, o que pode ter contribuído para essa dificuldade relatada.

Novamente um usuário foi bem direto ao sugerir uma abordagem mais simplificada para evitar o uso dos termos técnicos do aplicativo:

- “Deixaria mais claro a diferença entre o problema de certificação digital e assinatura digital. Talvez para facilitar unificar esses parâmetros e apresentar para o usuário bomba suspeita ou algo semelhante, caso seja possível e legal expressar dessa forma.”

Fica bastante claro que a alternativa de simplificar ao máximo os resultados da verificação de abastecimento parece ser a melhor alternativa para o Medida Inteligente. O consumidor final, mesmo com uma explicação simples, clara e de fácil acesso sobre cada um dos termos e resultados exibidos, fica bastante confuso ao explicá-los, o que indica uma grande dificuldade de assimilação dos conceitos. Além disso, como inclusive a resposta acima abordou, o consumidor final, leigo quando o assunto é segurança digital, não precisa necessariamente compreender todos esses termos técnicos para que o Medida Inteligente tenha sucesso no combate a fraudes no sistema de combustíveis brasileiro. Basta que o aplicativo seja capaz de facilitar para o usuário a distinção de um abastecimento normal e um abastecimento que possui fraude relacionada. Adicionalmente, caso uma fraude seja identificada, o aplicativo deve incentivar o usuário a relatar a fraude encontrada, para que possa

ser avaliada por um fiscal do Inmetro, que terá toda a bagagem teórica e prática para identificar o tipo de fraude com maior detalhamento e tomar medidas cabíveis.

Caso este trabalho se propusesse a realizar uma terceira rodada de testes, certamente seria interessante avaliar uma proposta de resultados de verificação de abastecimento ainda mais simplificada do que a realizada na segunda etapa de testes. Seria ideal manter os três possíveis resultados, mas evitar explicar os motivos para o resultado. Somente exibir o resultado simplificado e omitir os termos técnicos. Seria interessante verificar se a confiança dos usuários no sistema e resultados seguiria aumentando.

Entretanto, algo que foi observado somente durante os testes da segunda rodada, e que poderia se tornar ainda mais frequente com resultados mais simplificados, é a confusão dos usuários com os valores monetários e de volume apresentados na tela de resultados. Como na segunda rodada de testes o resultado foi apresentado inicialmente apenas como “Verificação bem-sucedida” e “Inconformidade encontrada”, deixando os termos técnicos somente ao clicar no botão “Entenda o resultado”, alguns usuários tentaram multiplicar o valor por litro apresentado pelo volume abastecido, imaginando que em um cenário de inconformidade o resultado não se equivaleria ao valor total apresentado no aplicativo.

Mas essa suposição não é correta, muito provavelmente em qualquer caso de inconformidade encontrada pelo aplicativo, os dados apresentados pelo aplicativo serão iguais ao painel da bomba de combustível e matematicamente corretos (valor por litro multiplicado pelo volume abastecido corresponderá ao valor total). Mas, mesmo que matematicamente corretos, não se pode confiar nos valores apresentados. Em caso de “Assinatura digital inválida”, os dados reais podem ter sido manipulados, como por exemplo um volume maior do que o que de fato foi abastecido. Mas certamente o valor total do abastecimento também será manipulado, para que faça sentido matematicamente falando. O mesmo vale para a “Problemas na certificação digital”, os dados apresentados podem estar corretos, mas não é possível confiar no equipamento que emite-os.

Para que o Medida Inteligente seja o mais eficaz possível ao utilizar uma abordagem mais simplificada dos termos técnicos, será necessário deixar mais claro

para o usuário essa particularidade envolvendo a equivalência matemática dos resultados exibidos, mesmo em casos de fraude.

Um dos usuários destacou que o uso de cores contribuiu significativamente para diferenciar os casos normais dos fraudulentos no Medida Inteligente. Essa percepção confirma a eficácia de uma das melhorias implementadas após a primeira rodada: a utilização de cores mais distintas e evidentes para indicar o status do resultado de verificação do abastecimento. Essa modificação visou enfatizar o resultado na tela e tornar a interpretação mais imediata, especialmente para usuários com menor familiaridade com termos técnicos. Ao associar cores específicas a cada tipo de resultado, como verde para "Verificação bem-sucedida" e vermelho para "Inconformidade encontrada", o aplicativo não apenas simplifica a identificação visual de uma possível fraude, mas também alinha-se diretamente ao objetivo principal do sistema: incentivar a fiscalização e a realização de denúncias em casos de irregularidades, independentemente do entendimento profundo do resultado por parte do usuário. Esse ajuste, aliado à simplificação da terminologia técnica, reforça a clareza das informações e aumenta a confiança do usuário na compreensão dos dados apresentados, contribuindo positivamente para a usabilidade do aplicativo.

Durante a segunda rodada de testes, observou-se que alguns usuários tentaram acessar a explicação do resultado clicando diretamente no container que exibe a verificação, em vez de utilizar o botão "Entenda o resultado" destinado a essa função. Esse comportamento indica que os usuários esperam uma interação mais intuitiva, onde o próprio container do resultado funcione como um botão clicável para acessar mais informações. Essa é uma modificação que poderia ser implementada caso fosse feita uma terceira rodada de testes.

Um dos usuários sugeriu dar maior destaque à opção de denúncia do posto de combustível em situações onde são detectadas inconsistências nos dados. Possivelmente esse usuário teve dificuldades em encontrar esse botão na tela de resultados, ou talvez tenha achado um pouco confuso esse botão ser exibido tanto em casos de fraude como em casos normais. Seria interessante deixar o botão "Relatar problema" maior e mais destacado em casos de fraude. Talvez até adicionar um texto ou dica na tela de resultados incentivando a denúncia por parte do usuário.

Um dos usuários destacou a familiaridade positiva com o layout do aplicativo, que segue o estilo visual dos demais aplicativos gov.br, mencionando que essa similaridade facilitou a navegação e a adaptação à interface. Esse feedback é particularmente relevante, pois o Medida Inteligente foi projetado seguindo as diretrizes de estilo do governo, que visam criar uma experiência de uso consistente e intuitiva entre os diversos serviços digitais oferecidos aos cidadãos. A adesão aos guias de estilo do governo não apenas reforça a identidade visual institucional, mas também atende a uma expectativa dos usuários, especialmente aqueles que já utilizam outros aplicativos gov.br. Esse tipo de retorno confirma que a escolha por uma estética padronizada facilita a curva de aprendizado e promove uma experiência mais fluida, o que é fundamental para aumentar a acessibilidade e a eficácia do aplicativo.

Na segunda rodada de testes, assim como registrado na primeira, alguns usuários sugeriram modificações grandiosas, que fogem do escopo deste trabalho. Mas certamente faz sentido mencioná-las, para que talvez no futuro haja um esforço para implementá-las. Um dos usuários sugeriu a inclusão de um mapa que registrasse os postos onde foram encontradas assinaturas validadas, um recurso também mencionado por outros participantes durante a primeira rodada de testes. Esse feedback recorrente reforça o interesse dos usuários em uma funcionalidade de acompanhamento geográfico das validações realizadas, o que poderia aumentar o valor prático do aplicativo Medida Inteligente.

Outro usuário sugeriu uma nova funcionalidade extremamente criativa, que se adequa perfeitamente ao Medida Inteligente: a criação de uma seção no aplicativo com vídeos informativos sobre o comércio de combustível, legislação, comércio ilegal, impacto das denúncias e o processo de fiscalização que ocorre após uma denúncia. Integrar uma seção com vídeos explicativos ampliaria o entendimento dos usuários sobre o funcionamento do sistema, proporcionando informações essenciais sobre a relevância do combate ao comércio ilegal de combustível e o papel das denúncias na fiscalização. Essa abordagem educativa tornaria o aplicativo mais que uma ferramenta de verificação, posicionando-o também como um recurso de conscientização. Ao entenderem o impacto de suas ações, como a denúncia de postos com inconsistências, os usuários se sentem mais engajados e motivados a

utilizar o aplicativo de forma ativa e contínua, o que fortalece a eficácia do Medida Inteligente e o vínculo do usuário com o propósito do sistema.

9 CONCLUSÃO

Este trabalho reafirma a relevância do aplicativo Medida Inteligente na promoção da transparência e segurança no setor de combustíveis, proporcionando aos usuários uma ferramenta intuitiva e acessível para verificar a autenticidade de transações em postos de abastecimento. Com a proposta de alertar sobre fraudes por meio de um sistema que valida criptograficamente os dados coletados, o aplicativo foi estruturado e aprimorado ao longo de um processo robusto de testes e iterações, que incluiu duas rodadas de avaliações presenciais com a participação de 30 usuários, ajustes com base em feedbacks qualitativos e quantitativos, e uma análise cuidadosa da usabilidade. O compromisso com a usabilidade é evidenciado pela alta pontuação obtida na escala SUS, que indicou uma nota média de 84,83 na primeira rodada e 86,5 na segunda. Embora esses valores numéricos atestem uma usabilidade já bastante satisfatória, os dados qualitativos fornecidos pelas observações e respostas abertas dos participantes provaram-se ainda mais valiosos para o refinamento contínuo da interface.

A aplicação dos ciclos de testes e modificações foi essencial para detectar aspectos específicos que mereciam atenção, especialmente no que diz respeito à clareza de termos técnicos. Embora seja importante que o Medida Inteligente inclua informações de segurança digital para promover a confiabilidade dos dados, os testes revelaram que a presença desses termos técnicos no aplicativo podem prejudicar relevantemente a experiência de usuários menos familiarizados com o tema. Dessa forma, uma das contribuições fundamentais deste trabalho é que o aplicativo deve equilibrar a presença de terminologia técnica com a acessibilidade da interface, idealmente deixando esses termos "escondidos" em seções opcionais para usuários que desejarem mais detalhes acerca dos resultados, sem comprometer a simplicidade para os demais. A utilização do aplicativo deve ocorrer de tal forma que o contato com os termos técnicos não seja obrigatório, mas sim uma funcionalidade extra, reservada aos usuários mais experientes e interessados. Essa abordagem inclusiva é fundamental para maximizar o uso do aplicativo, de modo que tanto leigos quanto profissionais possam contribuir para o fortalecimento do sistema de combustíveis brasileiro.

Através da metodologia de testes utilizada neste trabalho, ficou evidente que ciclos menores e mais frequentes de avaliação e refinamento poderiam ter

beneficiado ainda mais o desenvolvimento. As melhorias introduzidas na interface, como a adoção de uma paleta de cores mais intuitiva para diferenciar situações normais de fraudulentas, a maior clareza na organização do menu de navegação e a introdução de botões mais acessíveis e com funções claras, foram bem recebidas pelos participantes e trouxeram resultados positivos. Esse feedback foi fundamental para ajustes pontuais e mostrou que a usabilidade do aplicativo foi significativamente aprimorada, ainda que a variação nas notas SUS entre as rodadas tenha sido pequena e possivelmente sujeita a uma margem de erro. Isso reforça a ideia de que uma análise mais detalhada das sugestões e comentários qualitativos dos usuários tende a oferecer ideias mais práticas e diretamente aplicáveis do que a métrica SUS isoladamente, que identifica facilmente problemas graves de usabilidade, que não foram encontrados no Medida Inteligente.

Este trabalho destacou-se pelo rigor metodológico, não apenas por passar pela aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa, que assegurou a proteção dos direitos e a privacidade dos participantes, mas também pelo embasamento científico utilizado na definição do número de entrevistados e na variedade de perfis analisados. Essa abordagem conferiu credibilidade ao processo de coleta de dados e fortaleceu a aplicabilidade dos resultados para o público geral. A inclusão de participantes com diferentes níveis de experiência com aplicativos e tecnologias de segurança permitiu identificar com clareza os pontos de aprimoramento necessários para atender a um público amplo e diverso.

Em termos de contribuição prática, os resultados deste trabalho indicam que o Medida Inteligente possui grande potencial para o sistema de fiscalização brasileiro de combustíveis, promovendo o engajamento do público no monitoramento de fraudes. Entretanto, a integração de novas funcionalidades, como uma aba com vídeos explicativos sobre o processo de fiscalização e a relevância das denúncias, poderia fortalecer ainda mais o impacto educativo do aplicativo. Além disso, a inclusão de uma funcionalidade de mapa que registra os locais de abastecimento confiáveis seria uma resposta direta a uma demanda recorrente dos usuários, que demonstraram interesse em ferramentas que facilitem o retorno a postos verificados e permitam evitar postos com fraudes frequentes. Esses aprimoramentos futuros, somados aos ajustes já realizados, têm o potencial de elevar ainda mais o nível de

usabilidade e de engajamento dos usuários, aumentando a contribuição da Medida Inteligente para a integridade do setor.

Em resumo, o processo de desenvolvimento e avaliação do Medida Inteligente ofereceu uma compreensão valiosa de como criar uma experiência de usuário intuitiva e informativa, atendendo tanto à acessibilidade quanto à necessidade de precisão técnica. A combinação de testes práticos, análises de usabilidade e feedback qualitativo e quantitativo permitiu a criação de um aplicativo que não só cumpre seu propósito inicial de detectar fraudes, mas também educa e engaja o usuário em questões fundamentais de segurança digital. Certamente o Medida Inteligente poderá desempenhar um papel eficaz no combate a fraudes no setor de combustíveis do Brasil.

REFERÊNCIAS

COSTA, Ruyther Parente Da; CANEDO, Edna Dias; SOUSA, Rafael Timóteo De; ALBUQUERQUE, Robson De Oliveira; VILLALBA, Luis Javier García. **Set of Usability Heuristics for Quality Assessment of Mobile Applications on Smartphones.** IEEE, 2019. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8688402>.

ISO, 9241-11:1998. **Ergonomic Requirements for Office Work With Visual Display Terminals (VDTs) - Part 11: Guidance on Usability.** ISO, 1998, Disponível em: <https://www.iso.org/standard/16883.html>.

HUANG, Zhao; BENYOUCEF, Morad. **A systematic literature review of mobile application usability: addressing the design perspective.** Alemanha: Springer-Verlag GmbH, 2022. Disponível em: <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s10209-022-00903-w.pdf>.

ALZHRANI, Adel; GAY, Valerie; ALTURKI, Ryan. **The Evaluation of the Usability in Mobile Applications.** Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Adel-Alzahrani-5/publication/365873044_The_Evaluation_of_the_Usability_in_Mobile_Applications/links/63f8064d5749505945393633/The-Evaluation-of-the-Usability-in-Mobile-Applications.pdf

NIELSEN, Jakob. **Usability 101: Introduction to Usability.** Estados Unidos, 2012. Disponível em: <https://www.nngroup.com/articles/usability-101-introduction-to-usability/>

NIELSEN, Jakob. **10 Usability Heuristics for User Interface Design.** Estados Unidos, 1994. Disponível em: <https://www.nngroup.com/articles/ten-usability-heuristics/>

BOUCINHA, Rafael Marimon; TAROUÇO, Liane Margarida Rockenbach. **Avaliação de Ambiente Virtual de Aprendizagem com o uso do SUS - System Usability**

Scale. Brasil, 2013. Disponível em:
<https://seer.ufrgs.br/index.php/renote/article/view/44479/28223>

HAJESMAEEL-GOHARI, Sadrieh; KHORDASTAN, Firoozeh; FATEHI, Farhad; SAMZADEH, Hamidreza; BAHAADINBEIGY, Kambiz. **The most used questionnaires for evaluating satisfaction, usability, acceptance, and quality outcomes of mobile health.** 2022. Disponível em:
<https://link.springer.com/article/10.1186/s12911-022-01764-2>

BANGOR, Aaron; KORTUN, Philip; MILLER, James. **Determining What Individual SUS Scores Mean: Adding an Adjective Rating Scale.** Reino Unido, 2009. Disponível em:
<https://uxpajournal.org/determining-what-individual-sus-scores-mean-adding-an-adjective-rating-scale/>

CHEAH, Wai-Hun; JUSOH, Norhasiza Mat; AUNG, Myat Moe Thwe; GHANI, Azizah Ab; REBUAN, Husbani Mohd Amin. **Mobile Technology in Medicine: Development and Validation of an Adapted System Usability Scale (SUS) Questionnaire and Modified Technology Acceptance Model (TAM) to Evaluate User Experience and Acceptability of a Mobile Application in MRI Safety Screening.** Malásia, 2023. Disponível em:
<https://www.thieme-connect.com/products/ejournals/html/10.1055/s-0042-1758198>

NIELSEN, Jakob; LANDAUER, Thomas. **A Mathematical Model of the Finding of Usability Problems.** Estados Unidos, 1993. Disponível em:
<https://dl.acm.org/doi/pdf/10.1145/169059.169166>

NIELSEN, Jakob. **Why You Only Need to Test with 5 Users.** 2000. Disponível em:
<https://www.nngroup.com/articles/why-you-only-need-to-test-with-5-users/>

TURNER, Carl; LEWIS, James; NIELSEN, Jakob. **Determining Usability Test Sample Size.** Estados Unidos, 2006. Disponível em:
https://www.researchgate.net/publication/242156700_Determining_Usability_Test_Sample_Size

MACEFIELD, Ritch. **How To Specify the Participant Group Size for Usability Studies: A Practitioner's Guide**. Reino Unido, 2009. Disponível em: <https://uxpajournal.org/how-to-specify-the-participant-group-size-for-usability-studies-a-practitioners-guide/>

NIELSEN, Jakob. **How Many Test Users in a Usability Study?**. 2012. Disponível em: <https://www.nngroup.com/articles/how-many-test-users/>

BUCHMANN, Johannes. (2004). **Introduction to Cryptography (2nd ed.)**. 2004. Disponível em: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-1-4419-9003-7>.

CAVALCANTI, Helóiza Gabrielly de Oliveira; BUSHATSKY, Magaly; BARROS, Mariana Boulitreau Siqueira Campos; MELO, Chardsongeicyca Maria Correia da Silva; FILHO; DELGADO, Antonio Jorge Ferreira. **Evaluation of the usability of a mobile application in early detection of pediatric cancer**. Brasil, 2021. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rngen/a/yndbHZD4Hxzwkh9NDzTw7Nf/?lang=en#>

IDALINO, Thaís Bardini; VIGIL, Martin; ESTEVAM, Gabriel. **Estudo de Usabilidade de Assinaturas Digitais em Objetos Metrológicos**. Brasil, 2022. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/241804>

KAYA, Aycan; OZTURK, Reha; GUMUSSOY, Cigdem Altin. **Usability Measurement of Mobile Applications with System Usability Scale (SUS)**. Springer, Cham, 2019. Disponível em: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-03317-0_32.

PEDUZZI, Pedro. **Celulares podem ajudar no combate a fraudes em bombas de combustíveis**. Agência Brasil, 28 abr. 2021. Disponível em: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/economia/noticia/2021-04/celulares-podem-ajudar-no-combate-fraudes-em-bombas-de-combustiveis>. Acesso em: 30 jun. 2024.

FIGUEIREDO, Ana Luiza. **Bomba de combustível tech que previne fraudes chega ao Brasil**. Olhar Digital, 22 mai. 2023. Disponível em:

<https://olhardigital.com.br/2023/05/22/carros-e-tecnologia/bomba-de-combustivel-com-assinatura-digital-criptografada-chega-ao-brasil/>. Acesso em: 30 jun. 2024.

PALA, Massimiliano; WANG, Yifei. **On the Usability of User Interfaces for Secure Website Authentication in Browsers**. Estados Unidos, 2019. Disponível em: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-642-16441-5_16. Acesso em: 30 jun. 2024.

POOJA; YADAV, Mamta. **Digital Signature**. Índia, 2018. Disponível em: <https://ijsrcseit.com/home/issue/view/article.php?id=CSEIT18364>. Acesso em: 30 jun. 2024.

CASTRO, Diogo. **Definição de uma infraestrutura de teste de usabilidade em aplicativos móveis**. Brasil, 2017. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/177714>. Acesso em: 11 nov. 2024.

APÊNDICE A – Questionário a ser utilizado nos testes de usabilidade

1. Demográfica

a. 1. Qual o seu nome?

i. Opções de resposta:

1. Aberta

b. 2. Qual o seu nível de experiência com aplicativos de celular?

i. Opções de resposta:

1. Pouca experiência

2. Média experiência

3. Muita Experiência

c. 3. Qual a sua formação?

i. Opções de respostas:

1. Ensino superior completo ou incompleto na área de informática (Sistemas de informação, Ciência da computação, etc)

2. Ensino superior completo ou incompleto em outra área

3. Nenhum/outro

d. 4. Você trabalha ou já trabalhou profissionalmente na área de tecnologia, como engenharia de software, ciência de dados ou áreas relacionadas?

i. Opções de respostas:

1. Sim

2. Não

2. SUS:

a. 1. Eu acho que gostaria de usar esse sistema com frequência.

i. Opções de respostas:

1. 1 (discordo totalmente) a 5 (concordo totalmente)

b. 2. Eu acho o sistema desnecessariamente complexo.

i. Opções de respostas:

1. 1 (discordo totalmente) a 5 (concordo totalmente)

c. 3. Eu achei o sistema fácil de usar.

i. Opções de respostas:

1. 1 (discordo totalmente) a 5 (concordo totalmente)
 - d. 4. Eu acho que precisaria de ajuda de uma pessoa com conhecimentos técnicos para usar o sistema.
 - i. Opções de respostas:
 1. 1 (discordo totalmente) a 5 (concordo totalmente)
 - e. 5. Eu acho que as várias funções do sistema estão muito bem integradas.
 - i. Opções de respostas:
 1. 1 (discordo totalmente) a 5 (concordo totalmente)
 - f. 6. Eu acho que o sistema apresenta muita inconsistência.
 - i. Opções de respostas:
 1. 1 (discordo totalmente) a 5 (concordo totalmente)
 - g. 7. Eu imagino que as pessoas aprenderão como usar esse sistema rapidamente.
 - i. Opções de respostas:
 1. 1 (discordo totalmente) a 5 (concordo totalmente)
 - h. 8. Eu achei o sistema atrapalhado de usar.
 - i. Opções de respostas:
 1. 1 (discordo totalmente) a 5 (concordo totalmente)
 - i. 9. Eu me senti confiante ao usar o sistema.
 - i. Opções de respostas:
 1. 1 (discordo totalmente) a 5 (concordo totalmente)
 - j. 10. Eu precisei aprender várias coisas novas antes de conseguir usar o sistema.
 - i. Opções de respostas:
 1. 1 (discordo totalmente) a 5 (concordo totalmente)
3. Termos de criptografia:
- a. 1. Ao verificar os resultados dos dados do abastecimento no aplicativo, você se sente confiante em entender o significado de "assinatura digital válida", "assinatura digital inválida" e "problemas na certificação digital"? Explique.
 - i. Opções de respostas:
 1. Resposta 1:
 - a. Sim

b. Não

2. Resposta 2 (Explicação):

a. Aberta

b. 2. Há no aplicativo uma tela de "Dúvidas frequentes", que busca auxiliar o usuário a compreender termos técnicos utilizados no aplicativo como "assinatura digital" e "certificado digital". Você considera essa uma seção fundamental para o entendimento completo do sistema?

i. Opções de respostas:

1. Sim

2. Não

c. 3. Imagine que você acabou de abastecer seu veículo em um posto desconhecido e está usando o aplicativo para verificar a autenticidade dos dados. Ao ver a mensagem "assinatura digital válida", você confiaria mais no posto de combustível?

i. Opções de respostas:

1. Sim

2. Não

d. 4. No mesmo exemplo anterior, caso as mensagens "assinatura digital inválida" ou "problemas na certificação digital" fossem exibidas, você estaria disposto a utilizar o aplicativo para denunciar o posto de combustível responsável por esses resultados?

i. Opções de respostas:

1. Sim

2. Não

e. 5. Você acredita que a utilização do aplicativo Medida Inteligente poderia efetivamente funcionar como um instrumento poderoso no combate às fraudes no setor de combustíveis no Brasil?

i. Opções de respostas:

1. Sim

2. Não

f. 6. O que você modificaria no aplicativo?

i. Opções de respostas:

1. Aberta

APÊNDICE B – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido



TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Nº do projeto CAAE _____

Título do Projeto: Análise de usabilidade do aplicativo móvel Medida Inteligente

Você está sendo convidado a participar de uma pesquisa cujo objetivo principal é identificar possíveis problemas e sugerir melhorias para o aplicativo Medida Inteligente. Desenvolvido através da parceria entre o Inmetro (Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia) e a UFSC (Universidade Federal de Santa Catarina), representada pelo LabSEC (Laboratório de Segurança em Computação), o aplicativo Medida Inteligente conecta-se a bombas de combustível, permitindo a extração de dados de abastecimentos realizados. Além disso, a aplicação realiza uma análise dos dados obtidos, fornecendo ao consumidor informações sobre possíveis adulterações no abastecimento. Esta pesquisa está sendo coordenada pela professora Thaís Bardini Idalino, que se compromete a seguir a Resolução 466, de 12 de dezembro de 2012 e suas complementares.

Se você decidir participar da pesquisa, os procedimentos envolvidos serão os seguintes: você realizará até três leituras de dados de abastecimento, os quais estão armazenados em um dispositivo ESP32 que funcionará como simulador de bomba de combustível. Para isso, você receberá um smartphone com o aplicativo aberto em sua tela inicial e será orientado a clicar em "Nova leitura" para iniciar a busca pelo simulador via conexão Bluetooth. Na tela seguinte, idealmente, será exibido apenas um dispositivo encontrado, que será o simulador em si. Você deverá selecioná-lo e realizar o pareamento. Em

seguida, o aplicativo solicitará a leitura dos dados de um indicador específico. Após a coleta dos dados, você será orientado a acessar o abastecimento simulado e, em caso de problemas, será orientado a realizar uma denúncia. Concluídas as tarefas no aplicativo, você será convidado a responder a um questionário composto por 20 perguntas sobre sua experiência com o aplicativo, a fim de avaliá-lo.

Sua participação nesta pesquisa não acarreta riscos. Estima-se que a dedicação necessária para completar as tarefas propostas no aplicativo e responder ao questionário sobre sua experiência seja de aproximadamente 15 a 30 minutos. Para otimizar o tempo de participação, sugerimos que você seja objetivo ao realizar as tarefas no aplicativo e que forneça respostas claras e diretas no questionário.

Embora não haja benefícios pessoais diretos decorrentes de sua participação nesta pesquisa, é crucial destacar sua contribuição indireta para o combate às fraudes no setor de combustíveis no Brasil. Ao participar deste estudo, você estará desempenhando um papel importante no avanço da segurança e transparência neste setor vital da economia brasileira. Sua colaboração é essencial para fortalecer a confiança dos consumidores e garantir a integridade do mercado de combustíveis.

Sua participação na pesquisa é totalmente voluntária, ou seja, não é obrigatória. Caso você decida não participar, ou ainda, desistir de participar e retirar seu consentimento, não haverá nenhum prejuízo individual de qualquer natureza. Não está previsto nenhum tipo de pagamento pela sua participação na pesquisa e você não terá nenhum custo com os procedimentos envolvidos.

Os dados coletados durante a pesquisa serão tratados confidencialmente e os resultados serão apresentados de forma agregada, sem identificar individualmente os participantes. Seu nome não será divulgado na publicação dos resultados. Porém, é importante considerar a possibilidade de quebra de sigilo, mesmo que seja involuntária e não intencional. No entanto, estamos comprometidos em garantir a confidencialidade e privacidade de sua participação em todas as etapas desta pesquisa, através da anonimização dos dados.

Caso você tenha dúvidas, poderá entrar em contato com a pesquisadora responsável, professora Thaís Bardini Idalino pelo email thais.bardini@ufsc.br, ou com o pesquisador Victor Henrique Hardt, pelo telefone (48) 99674-0264 ou com o Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos (CEPSH-UFSC), pelo telefone (48) 3721-6094, ou no 7º andar do Prédio Reitoria II, sala 701, de segunda à sexta, das 8h às 12h e das 14h às 18h.

Esse Termo deve ser rubricado em todas as suas páginas e assinado em duas vias, sendo uma para o participante e outra para os pesquisadores.

Nome do participante da pesquisa

Assinatura do participante da pesquisa

Nome do pesquisador

Assinatura do pesquisador

Nome do pesquisador responsável

Assinatura do pesquisador responsável

Local e Data: _____

APÊNDICE C – Respostas dos questionários da primeira e segunda rodada de testes

Link para acesso das respostas da primeira rodada de testes:

<https://docs.google.com/spreadsheets/d/1W5OJuGyPsNhZxY1oHiHVXXxorHmK5iwKFWlpR8y8Zt0/edit?usp=sharing>

Link para acesso das respostas da segunda rodada de testes:

<https://docs.google.com/spreadsheets/d/1VGm7I0GtIBUuKSShx87EprUOf5LRYdrfrilBqMzaSxU/edit?usp=sharing>

APÊNDICE D – Artigo

Análise de Usabilidade do Aplicativo Móvel Medida Inteligente

Victor Henrique Hardt

Departamento de Informática e Estatística – Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)
Florianópolis – SC – Brasil

hardt.victor@gmail.com

Resumo. *O aplicativo Medida Inteligente foi desenvolvido pelo LabSEC da UFSC em parceria com o Inmetro para combater fraudes no setor de combustíveis no Brasil. Este trabalho avalia e aperfeiçoa a usabilidade do aplicativo através de duas rodadas de testes com usuários representativos, utilizando a métrica System Usability Scale (SUS). A primeira rodada diagnosticou problemas de usabilidade, que foram corrigidos em seguida. A segunda rodada evidenciou melhorias significativas, refletidas no aumento da pontuação SUS. Este estudo conclui que as modificações implementadas aumentaram a acessibilidade e eficiência do aplicativo, contribuindo para seu objetivo de promover transparência no setor de combustíveis.*

Abstract. *The Medida Inteligente app was developed by UFSC's LabSEC in partnership with Inmetro to fight fraud in Brazil's fuel sector. This study evaluates and improves the app's usability through two rounds of user testing, employing the System Usability Scale (SUS). The first round identified usability issues, which were subsequently addressed. The second round showed significant improvements, reflected in increased SUS scores. The study concludes that the implemented changes enhanced the app's accessibility and efficiency, supporting its goal of promoting transparency in the fuel sector.*

1. Introdução

O mercado de dispositivos móveis tem crescido ano após ano, isto se explica pela evolução das capacidades de hardware destes aparelhos e a complexidade dos seus sistemas operacionais e aplicações (COSTA et al., 2019). O que antes eram simples celulares, evoluíram para smartphones que agora oferecem uma ampla gama de funcionalidades, indo muito além das tradicionais ligações e mensagens de texto. Atualmente, eles servem como plataformas para entretenimento, incluindo filmes, séries e jogos, além de desempenhar um papel fundamental em áreas como monitoramento de saúde, redes sociais e transporte, entre muitos outros. Os dispositivos móveis tornaram-se intrínsecos à vida moderna.

Diante desse cenário, o Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (Inmetro), em parceria com a Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), está trabalhando em uma iniciativa verdadeiramente inovadora. Com o propósito de combater as práticas fraudulentas nos postos de combustíveis, o projeto Medida Inteligente oferece aos consumidores finais a oportunidade de utilizar seus celulares para monitorar cada abastecimento realizado, conforme divulgado pela Agência Brasil (2021). Isso é possível por meio de um aplicativo que se conecta via Bluetooth à bomba de combustível, permitindo a

realização de minuciosas verificações dos dados de cada abastecimento. Após cada leitura, o aplicativo fornece aos usuários um resultado que aponta a presença ou ausência de qualquer irregularidade. Caso haja indícios de fraude, o sistema oferece a opção de denunciar diretamente por meio do aplicativo.

O potencial desse projeto para fortalecer significativamente a capacidade de fiscalização do sistema de combustíveis brasileiro é inegável. Entretanto, o sucesso da iniciativa está ligado de forma direta a um fator crucial: a participação ativa da população fiscalizando abastecimentos e realizando denúncias por meio do sistema. Para que isso aconteça, é necessário que o aplicativo móvel possua um nível satisfatório de usabilidade. Usabilidade pode ser definida como "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." (ISO/IEC 9241-210, 1998). A importância da usabilidade de aplicativos móveis tornou-se um tópico de destaque nos últimos anos, justamente porque muitas das aplicações populares ainda continuam difíceis de usar (HUANG et al., 2022). A usabilidade de aplicativos móveis é especialmente importante para uma experiência de usuário positiva (HUANG et al., 2022), afetando diretamente a satisfação, a produtividade e a retenção de usuários em aplicativos móveis. Um aplicativo com boa usabilidade não apenas atrai e retém usuários, mas também impacta significativamente a eficácia e eficiência das tarefas realizadas.

1.1. Objetivo Geral

- Avaliar e aperfeiçoar a usabilidade do aplicativo móvel Medida Inteligente.

1.2. Objetivos Específicos

- Identificar as melhores práticas de análise de usabilidade de aplicativos móveis através de uma revisão da literatura.
- Realizar testes de usabilidade com um grupo de usuários representativo, observando como eles interagem com o aplicativo em tarefas específicas.
- Identificar os principais problemas de usabilidade do aplicativo.
- Implementar em código melhorias de usabilidade com base nos testes realizados.
- Obter uma melhora mensurável do nível de usabilidade do aplicativo.

2. Fundamentação Teórica

Nesta seção, são apresentados os princípios e conceitos fundamentais para a compreensão da teoria de usabilidade, com enfoque em aplicativos móveis. Além disso, será apresentado o modelo teórico de usabilidade de Nielsen, publicado em 1994 e utilizado neste estudo como guia. Será detalhada uma das formas mais tradicionais e conhecidas para mensuração de usabilidade de sistemas digitais, incluindo aplicativos móveis, o System Usability Scale (SUS).

2.1. Modelo de usabilidade de Nielsen

Entre os vários modelos teóricos que orientam a avaliação e o design de interfaces usáveis, o modelo de usabilidade de Nielsen (1993) se destaca pela sua influência e aplicabilidade. Além disso, ele é considerado um modelo simples e amplamente utilizado na

área de usabilidade (ALZHRANI et al.). Para Nielsen, usabilidade é um atributo de qualidade que avalia a facilidade de uso de uma interface, sendo definida por cinco componentes (NIELSEN, 2012):

1. **Capacidade de aprendizagem:** a facilidade de utilizar o sistema pela primeira vez;
2. **Eficiência:** rapidez para executar as tarefas;
3. **Memorização:** o processo de lembrar como utilizar o sistema, após um tempo sem utilizar;
4. **Erros:** ausência de erros apresentados pelo sistema;
5. **Satisfação:** design agradável.

Este modelo é baseado em dez heurísticas que servem como diretrizes para o design de interfaces (NIELSEN, 1994):

1. **Visibilidade do Status do Sistema;**
2. **Compatibilidade entre o sistema e o mundo real;**
3. **Controle e liberdade para o usuário;**
4. **Consistência e Padronização;**
5. **Prevenção de erros;**
6. **Reconhecimento em vez de memorização;**
7. **Eficiência e flexibilidade de uso;**
8. **Estética e design minimalista;**
9. **Ajuda aos usuários a reconhecerem, diagnosticarem e recuperarem-se de erros;**
10. **Ajuda e documentação.**

2.2. Formas de medir usabilidade

Existem dois métodos gerais de avaliação da usabilidade: a avaliação pelo utilizador e a inspeção por peritos (HAJESMAEEL-GOHARI et al., 2022). Este trabalho se concentra na primeira opção. Dentro das formas de avaliar a usabilidade de um sistema utilizando participantes que fazem parte do público-alvo, uma das mais utilizadas e reconhecidas é o questionário padrão System Usability Scale (SUS). Originalmente desenvolvido em 1986 por John Brooke na Digital Equipment Corporation, no Reino Unido (CHEAH et al., 2023), o SUS é uma ferramenta simples e eficaz que permite avaliar a usabilidade de uma vasta gama de produtos e serviços, incluindo interfaces de usuário de software, hardware e aplicativos móveis. A simplicidade e a versatilidade do SUS fazem dele um dos métodos mais populares entre profissionais de usabilidade. Este questionário mede três aspectos importantes. O primeiro é a eficácia na utilização da aplicação, onde é medida a capacidade dos usuários em atingir os seus objetivos. O segundo aspecto é a eficiência, que mede quanto esforço e recursos do usuário são despendidos para atingir esses objetivos. O terceiro aspecto é a satisfação, que diz respeito ao quão satisfatória é a experiência do usuário (CHEAH et al., 2023).

O SUS consiste em um questionário de dez itens, com cinco opções de resposta cada (BOUCINHA et al., 2013), que os usuários respondem após interagir com o sistema ou aplicativo em questão. Cada item é uma afirmação que os usuários avaliam em uma escala Likert de cinco pontos, variando de "Discordo totalmente" a "Concordo totalmente". É

possível, a partir dos resultados da resposta deste questionário, calcular um valor que representa o nível de usabilidade da aplicação. Esse valor fica dentro de uma faixa de 0 a 100.

2.3. Tamanho de amostra para medição de usabilidade

Definir o número ideal de participantes em estudos de usabilidade é um tema amplamente discutido, sem uma resposta única válida para todos os projetos. Jakob Nielsen, em 1993, propôs um modelo baseado em Poisson para estimar o número de avaliadores necessários, considerando custos e benefícios. Ele recomendou 7 a 9 participantes para projetos pequenos, 15 a 16 para médios e até 21 para grandes. Em 2000, Nielsen sugeriu ciclos com 5 participantes para testes qualitativos, enquanto para estudos quantitativos, como o SUS, recomendou pelo menos 20 usuários para resultados estatisticamente significativos.

Pesquisadores posteriores, como Turner (2006) e Macefield (2009), propuseram métodos mais detalhados, sugerindo entre 10 e 25 participantes para garantir significância estatística em estudos comparativos. Nielsen reafirmou em 2012 que cinco participantes podem ser suficientes para identificar problemas qualitativos, mas destacou a necessidade de amostras maiores para dados quantitativos confiáveis.

Neste trabalho, optou-se por 15 participantes em cada uma das duas etapas de testes, totalizando 30. Esse número equilibrado atende tanto à identificação de problemas qualitativos quanto à obtenção de resultados quantitativos relevantes.

2.4. Segurança e criptografia

A compreensão de termos relacionados à segurança é fundamental no desenvolvimento de aplicativos móveis, especialmente para aqueles que lidam com dados sensíveis e necessitam garantir a integridade e confidencialidade das informações, como o aplicativo Medida Inteligente. Internamente, o aplicativo faz verificação de assinaturas digitais, que indicam a integridade e autenticidade das informações recebidas por bluetooth. Ou seja, a bomba de combustível assina digitalmente os dados que são externalizados e, para garantir que as informações que o usuário está lendo no aplicativo vieram de fato de uma bomba confiável, a aplicação faz uma verificação de assinatura e indica o resultado ao usuário. Portanto, é fundamental que a comunicação do resultado seja assertiva, para que não haja dúvidas acerca do resultado exibido ao usuário.

2.4.1. Criptografia

A criptografia é uma técnica fundamental para garantir a segurança da informação, transformando dados legíveis em um formato cifrado que só pode ser decifrado por aqueles que possuem a chave apropriada. A criptografia de chave pública, em particular, utiliza um par de chaves: uma chave pública, que pode ser compartilhada abertamente, e uma chave privada, que deve ser mantida em segredo. Essa abordagem permite que qualquer pessoa envie informações criptografadas usando a chave pública, mas apenas o detentor da chave privada pode decifrar essas informações (BUCHMANN., 2004).

2.4.2. Assinatura digital

Uma assinatura digital é um método criptográfico usado para garantir a autenticidade e integridade de mensagens, documentos ou, como no caso de um abastecimento no Medida Inteligente, dados digitais. Ela funciona através da aplicação de um algoritmo que utiliza uma chave privada para gerar uma assinatura única e uma chave pública correspondente para

verificar essa assinatura. Segundo Pooja (POOJA., 2018), “a assinatura digital pode ser descrita como um método de autenticação de dados, ou seja, para verificar se um documento provém efetivamente do remetente declarado e o seu conteúdo não foi alterado de forma alguma desde que a pessoa o criou”. Isso pode ser resumido em três fatores:

1. **Autenticação:** garante a origem do dado, permite identificar quem assinou o dado.
2. **Integridade:** refere-se à garantia de que o dado não foi modificado de qualquer forma.
3. **Não-repúdio:** fornece segurança contra a negação de autoria do dado.

2.4.3. Certificado digital

Um certificado digital é um documento eletrônico que autentica uma chave pública, atestando que ela pertence a quem o certificado afirma pertencer. Emitido por uma autoridade certificadora (AC), o certificado contém informações como o nome do titular, a chave pública associada e a assinatura digital da AC. Com o certificado digital, é possível verificar a confiabilidade das chaves públicas, criando um vínculo seguro para operações que requerem a autenticação e integridade de dados.

No projeto Medida Inteligente, os certificados digitais são usados para identificar de maneira segura os dispositivos envolvidos no processo de abastecimento, ou seja, as bombas de combustível. Cada bomba de combustível possui um dispositivo transdutor (dispositivo que realiza a medição de volume) que possui um certificado digital emitido por uma autoridade certificadora confiável. O certificado digital contém a chave pública do dispositivo e é utilizado para verificar a autenticidade das assinaturas digitais das bombas de combustível. Desta forma, o certificado digital também associa a bomba de combustível a um estabelecimento e garante que apenas dispositivos autorizados e verificados possam realizar e registrar abastecimentos válidos. O aplicativo, por sua vez, utiliza esse certificado digital para verificar a autenticidade e integridade do abastecimento. Uma verificação inválida, por exemplo, pode indicar fraude no volume de combustível ou na autenticidade da bomba de combustível.

3. Medida Inteligente

O Medida Inteligente é um aplicativo desenvolvido como parte de uma parceria entre o INMETRO e a Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), por meio do Laboratório de Segurança em Computação (LabSEC). Seu objetivo principal é combater práticas fraudulentas em postos de combustíveis, garantindo a transparência e a segurança das transações realizadas nas bombas de abastecimento.

A fraude nos abastecimentos é uma preocupação recorrente, envolvendo tanto alterações nos volumes fornecidos quanto adulterações na qualidade ou na autenticidade do combustível. Para resolver esses problemas, o Medida Inteligente adota uma abordagem tecnológica baseada em segurança criptográfica. O funcionamento do sistema começa com os dispositivos transdutores instalados nas bombas de combustível. Esses dispositivos possuem certificados digitais emitidos por uma autoridade certificadora confiável, que garantem a autenticidade e a integridade das informações fornecidas.

Durante o abastecimento, a bomba de combustível gera e assina digitalmente um pacote de dados contendo informações como volume e valores medidos. Esse pacote é então transmitido ao aplicativo por meio de comunicação Bluetooth. O aplicativo Medida

Inteligente realiza a validação das assinaturas digitais e dos certificados, verificando se os dados realmente vieram de uma bomba confiável e se não sofreram alterações durante a transmissão.

Após a validação, o aplicativo apresenta um resumo detalhado das informações ao usuário, permitindo que ele confirme a legitimidade da operação. Além disso, o Medida Inteligente oferece uma funcionalidade que possibilita ao usuário realizar denúncias diretamente pelo aplicativo caso sejam detectadas irregularidades ou inconsistências nos resultados exibidos.

4. Metodologia

A metodologia seguiu cinco etapas principais: planejamento, submissão ao Comitê de Ética em Pesquisa, primeira rodada de testes, implementação de melhorias e segunda rodada de testes.

4.1. Planejamento

Nesta etapa inicial, foi definido o objetivo de avaliar a usabilidade do aplicativo Medida Inteligente utilizando a métrica System Usability Scale (SUS), um dos questionários mais amplamente adotados para mensurar a usabilidade de aplicações móveis (Kaya et al., 2019). O SUS foi escolhido devido à sua capacidade de fornecer percepções tanto qualitativas quanto quantitativas sobre a experiência do usuário, possibilitando uma avaliação abrangente e acessível da interface do aplicativo.

Para complementar a métrica SUS e captar uma percepção mais ampla do usuário, foram adicionadas sete perguntas extras voltadas ao sentimento de confiança e segurança na utilização do aplicativo. A inclusão dessas questões adicionais visa aprofundar a compreensão da experiência do usuário, abordando aspectos relevantes à confiabilidade e transparência do aplicativo em detectar e denunciar fraudes de abastecimento de combustível. Além disso, foram adicionadas também cinco perguntas demográficas, para que seja possível traçar um perfil básico dos participantes dos testes. Ao final, o questionário completo foi formado por 22 questões, e pode ser verificado no apêndice A deste trabalho.

Foi definido que os testes de usabilidade ocorrerão em duas rodadas presenciais, com a participação de 15 usuários representativos do público-alvo em cada uma das rodadas de teste. A amostra será composta por dez participantes entre 18 e 49 anos e cinco com pelo menos 50 anos. Dessa forma, assegura-se que o grupo participante da pesquisa seja suficientemente diverso para representar adequadamente o público-alvo do aplicativo Medida Inteligente.

4.2. Submissão ao Comitê de Ética

O projeto foi submetido ao Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos (CEPSH) da UFSC. A aprovação incluiu a análise do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) e do questionário utilizado nos testes, assegurando que os participantes estivessem cientes dos objetivos e procedimentos do estudo.

4.3. Primeira Rodada de Testes

Os participantes deste trabalho são pessoas próximas ao autor do trabalho, e foram convidadas pela conveniência e facilidade de encontro presencial, algo fundamental para a realização do teste de usabilidade. Inicialmente, os voluntários receberam o TCLE, que devem ler atentamente e assinar, comprovando que estão cientes de todo o procedimento que deverão realizar. Na primeira rodada, os usuários utilizaram o aplicativo em suas condições atuais, sem qualquer modificação. Todos os usuários receberam o mesmo smartphone para execução do teste, fornecido pelo pesquisador responsável. A bomba de combustível foi simulada por um dispositivo ESP32, que é reconhecido por bluetooth pelo aplicativo da mesma forma que uma bomba real e fornecerá um conjunto de dados diferente para cada bico selecionado no aplicativo. Os participantes foram requisitados a realizar três leituras de dados de abastecimentos, nos bicos A, B e D.

Caso o usuário detecte uma fraude, deverá clicar no botão “Relatar problema”. Ele será redirecionado para o navegador do celular, onde será apresentado ao formulário utilizado para realização de denúncia no sistema de homologação do Fala.Br, Plataforma Integrada de Ouvidoria e Acesso à Informação do Poder Executivo Federal. A denúncia não será concretizada a pedido do Inmetro, para que evite-se criar solicitações de teste em excesso. O participante poderá navegar livremente pelo aplicativo, desde que complete as tarefas obrigatórias mencionadas. Ao finalizar os procedimentos obrigatórios no aplicativo, os participantes avaliaram sua experiência com o aplicativo por meio do questionário.

4.4. Implementação de Melhorias

Com base nos problemas identificados a partir das respostas dos questionários e acompanhamento dos testes de usabilidade, foram implementadas melhorias na interface e funcionalidades do aplicativo. Essas alterações seguiram as diretrizes das heurísticas de Nielsen, priorizando a simplificação de fluxos e a clareza das mensagens.

4.5. Segunda Rodada de Testes

Após as modificações, uma nova rodada de testes foi conduzida. O mesmo conjunto de tarefas foi utilizado, permitindo comparar os resultados com os da primeira rodada e avaliar a eficácia das soluções implementadas.

5. Resultados e Discussão da Primeira Rodada de Testes

A primeira rodada de testes do aplicativo Medida Inteligente foi realizada com 30 usuários, representando diferentes níveis de familiaridade com tecnologia e segurança digital. O objetivo era avaliar a usabilidade inicial do aplicativo e identificar pontos de melhoria. A média obtida na escala SUS foi de 84,83, indicando uma percepção positiva da usabilidade geral. Contudo, os feedbacks qualitativos destacaram desafios importantes que dificultaram a experiência de usuários menos experientes.

Um dos principais problemas relatados foi a dificuldade com os termos técnicos encontrados no aplicativo. Muitos participantes não se sentiram confiantes em entendê-los. Além disso, a consistência visual entre as telas do aplicativo era limitada, gerando confusão em situações onde padrões de design divergentes eram aplicados a funções semelhantes, principalmente nas duas telas de resultados. Essa incoerência não apenas dificultava a

navegação dos usuários, mas também prejudicava a criação de um modelo mental claro sobre a estrutura e funcionamento do sistema.

Uma parcela dos botões do aplicativo estavam com um padrão visual diferente, que não remetia a algo clicável e, por consequência, alguns usuários relataram essa dúvida nas respostas do questionário. Foram identificadas melhorias a serem feitas no menu de navegação do aplicativo, que utilizava uma versão lateral, pouco utilizada atualmente, que esconde as opções do usuário.

Esses resultados enfatizaram a necessidade de um design centrado no usuário, com foco na simplificação dos fluxos de navegação, na melhoria da comunicação visual e na uniformidade de padrões. O feedback coletado nesta etapa foi crucial para orientar as modificações subsequentes no aplicativo, garantindo que os problemas mais relevantes fossem abordados de forma eficaz.

6. Modificações no Aplicativo

As modificações realizadas no aplicativo Medida Inteligente após a primeira rodada de testes de usabilidade tiveram como foco melhorar a experiência do usuário, simplificar a interface e tornar as informações mais acessíveis. Na tela inicial, o histórico de leituras foi reformulado com botões padronizados e cores indicativas (verde, vermelho e amarelo), garantindo maior clareza e correspondência com o mundo real, de acordo com as heurísticas de Nielsen 1 e 2. O menu lateral foi substituído por um menu inferior, otimizando a navegação e facilitando o acesso a seções importantes, como "Dúvidas frequentes", alinhando-se às heurísticas 3 e 10.

A consistência e os padrões visuais foram reforçados (heurística 4) nas telas de seleção de bombas e bicos de combustível, além de um novo design para evitar cliques equivocados (heurística 5). Na tela de resultados de abastecimento, as informações foram reorganizadas para destacar o status da verificação com mensagens simplificadas, utilizando cores associadas ao resultado e um botão de acesso a explicações detalhadas, atendendo às heurísticas 8 e 10.

A tela de detalhes do abastecimento também foi aprimorada, apresentando informações expandidas por padrão e um botão de "Dados avançados" para usuários que desejam explorar informações técnicas, como o JSON do certificado digital, seguindo as heurísticas 7 e 4 para flexibilidade e consistência.

7. Resultados e Discussão da Segunda Rodada de Testes

A segunda rodada de testes do aplicativo Medida Inteligente buscou avaliar as melhorias implementadas após a análise da primeira etapa. Os resultados da escala SUS indicaram uma leve melhoria na percepção geral de usabilidade, com a pontuação média passando de 84,83 para 86,5. Apesar dessa diferença pequena, os comentários dos participantes evidenciaram uma maior satisfação com a organização e clareza das funcionalidades. Observações qualitativas revelaram que a nova disposição do menu e os botões com funções mais claras facilitaram a navegação, enquanto a padronização de elementos clicáveis reduziu erros e aumentou a eficiência nas interações.

No entanto, a presença de termos técnicos ainda se mostrou um desafio para parte dos usuários. Foi consenso entre os participantes que esses termos, embora importantes para a

confiabilidade do sistema, devem ser apresentados de forma opcional, em seções dedicadas para usuários que buscam informações mais detalhadas. Essa abordagem inclusiva foi destacada como essencial para manter o equilíbrio entre acessibilidade e profundidade técnica, garantindo que o aplicativo atenda tanto a profissionais da área quanto a usuários leigos.

Outro ponto relevante foi o impacto das melhorias na percepção de segurança e confiabilidade do aplicativo. Os participantes relataram maior confiança nas informações apresentadas e destacaram que a diferenciação visual entre situações normais e fraudulentas aumentou a compreensão sobre os resultados das verificações. A inclusão de textos explicativos sobre a funcionalidade dos botões também foi elogiada, contribuindo para uma experiência mais intuitiva e fluida.

Por fim, a segunda rodada reforçou a importância de ciclos iterativos no desenvolvimento do aplicativo. Embora o SUS tenha mostrado apenas uma leve variação, os dados qualitativos trouxeram valiosas novas ideias para melhorias contínuas. Entre as sugestões mais recorrentes estão a inclusão de vídeos educativos sobre segurança digital e a criação de um mapa que identifique postos confiáveis, funcionalidades que podem ampliar o impacto do Medida Inteligente e engajar ainda mais os usuários. Esses resultados destacam a eficácia da abordagem adotada no projeto, consolidando o aplicativo como uma ferramenta útil e acessível para combater fraudes no setor de combustíveis.

8. Conclusão

Este trabalho reafirma a relevância do aplicativo Medida Inteligente na promoção da transparência e segurança no setor de combustíveis, oferecendo aos usuários uma ferramenta acessível para validar transações e alertar sobre fraudes. Por meio de testes presenciais com 30 usuários, ajustamos o aplicativo com base em feedbacks qualitativos e quantitativos, alcançando uma melhoria na pontuação SUS, de 84,83 para 86,5. Embora os valores indiquem uma usabilidade satisfatória, os dados qualitativos foram essenciais para refinar termos técnicos e melhorar a interface, garantindo equilíbrio entre acessibilidade e informações detalhadas.

As mudanças implementadas, como paleta de cores intuitiva, organização de menus e botões mais claros, foram bem recebidas. Este trabalho destaca-se pelo rigor metodológico e pela inclusão de participantes diversos, permitindo aprimorar a experiência de usuários leigos e experientes. O Medida Inteligente não só detecta fraudes, mas também educa e engaja o público, contribuindo para a integridade do setor de combustíveis no Brasil.

Referências

COSTA, Ruyther Parente Da; CANEDO, Edna Dias; SOUSA, Rafael Timóteo De; ALBUQUERQUE, Robson De Oliveira; VILLALBA, Luis Javier García. **Set of Usability Heuristics for Quality Assessment of Mobile Applications on Smartphones**. IEEE, 2019. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8688402>.

PEDUZZI, Pedro. **Celulares podem ajudar no combate a fraudes em bombas de combustíveis**. Agência Brasil, 28 abr. 2021. Disponível em:

<https://agenciabrasil.ebc.com.br/economia/noticia/2021-04/celulares-podem-ajudar-no-combate-fraudes-em-bombas-de-combustiveis>. Acesso em: 30 jun. 2024.

ISO, 9241-11:1998. **Ergonomic Requirements for Office Work With Visual Display Terminals (VDTs) - Part 11: Guidance on Usability**. ISO, 1998, Disponível em: <https://www.iso.org/standard/16883.html>.

HUANG, Zhao; BENYOUCEF, Morad. **A systematic literature review of mobile application usability: addressing the design perspective**. Alemanha: Springer-Verlag GmbH, 2022. Disponível em: <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s10209-022-00903-w.pdf>.

KAYA, Aycan; OZTURK, Reha; GUMUSSOY, Cigdem Altin. **Usability Measurement of Mobile Applications with System Usability Scale (SUS)**. Springer, Cham, 2019. Disponível em: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-03317-0_32.

ALZHRANI, Adel; GAY, Valerie; ALTURKI, Ryan. **The Evaluation of the Usability in Mobile Applications**. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Adel-Alzahrani-5/publication/365873044_The_Evaluation_of_the_Usability_in_Mobile_Applications/links/63f8064d5749505945393633/The-Evaluation-of-the-Usability-in-Mobile-Applications.pdf

NIELSEN, Jakob. **Usability 101: Introduction to Usability**. Estados Unidos, 2012. Disponível em: <https://www.nngroup.com/articles/usability-101-introduction-to-usability/>

NIELSEN, Jakob. **10 Usability Heuristics for User Interface Design**. Estados Unidos, 1994. Disponível em: <https://www.nngroup.com/articles/ten-usability-heuristics/>

NIELSEN, Jakob; LANDAUER, Thomas. **A Mathematical Model of the Finding of Usability Problems**. Estados Unidos, 1993. Disponível em: <https://dl.acm.org/doi/pdf/10.1145/169059.169166>

HAJESMAEEL-GOHARI, Sadrieh; KHORDASTAN, Firoozeh; FATEHI, Farhad; SAMZADEH, Hamidreza; BAHAAADINBEIGY, Kambiz. **The most used questionnaires for evaluating satisfaction, usability, acceptance, and quality outcomes of mobile health**. 2022. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1186/s12911-022-01764-2>

CHEAH, Wai-Hun; JUSOH, Norhasiza Mat; AUNG, Myat Moe Thwe; GHANI, Azizah Ab; REBUAN, Husbani Mohd Amin. **Mobile Technology in Medicine: Development and Validation of an Adapted System Usability Scale (SUS) Questionnaire and Modified Technology Acceptance Model (TAM) to Evaluate User Experience and Acceptability of a Mobile Application in MRI Safety Screening**. Malásia, 2023. Disponível em: <https://www.thieme-connect.com/products/ejournals/html/10.1055/s-0042-1758198>

BOUCINHA, Rafael Marimon; TAROUCO, Liane Margarida Rockenbach. **Avaliação de Ambiente Virtual de Aprendizagem com o uso do SUS - System Usability Scale**. Brasil, 2013. Disponível em: <https://seer.ufrgs.br/index.php/renote/article/view/44479/28223>

NIELSEN, Jakob. **Why You Only Need to Test with 5 Users**. 2000. Disponível em: <https://www.nngroup.com/articles/why-you-only-need-to-test-with-5-users/>

TURNER, Carl; LEWIS, James; NIELSEN, Jakob. **Determining Usability Test Sample Size**. Estados Unidos, 2006. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/242156700_Determining_Usability_Test_Sample_Size

MACEFIELD, Ritch. **How To Specify the Participant Group Size for Usability Studies: A Practitioner's Guide**. Reino Unido, 2009. Disponível em: <https://uxpajournal.org/how-to-specify-the-participant-group-size-for-usability-studies-a-practitioners-guide/>

NIELSEN, Jakob. **How Many Test Users in a Usability Study?**. 2012. Disponível em: <https://www.nngroup.com/articles/how-many-test-users/>

BUCHMANN, Johannes. (2004). **Introduction to Cryptography (2nd ed.)**. 2004. Disponível em: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-1-4419-9003-7>.

POOJA; YADAV, Mamta. **Digital Signature**. Índia, 2018. Disponível em: <https://ijsrcseit.com/home/issue/view/article.php?id=CSEIT18364>. Acesso em: 30 jun. 2024.