



UNIVERSIDADE
E D U A R D O
MONDLANE

UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE

FACULDADE DE ENGENHARIA

CURSO DE ENGENHARIA INFORMÁTICA

**DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE CRIAÇÃO E GESTÃO DE CARTÕES
VIRTUAIS PARA PAGAMENTO DE PORTAGENS: ESTUDO DE CASO PORTAGEM DA
REVIMO MATOLA GARE 2025**

Autor:

Baloi, Issaque Mouzinho

Supervisor:

Eng.º Cristiliano Maculuve

Maputo, Junho de 2025



UNIVERSIDADE
E D U A R D O
MONDLANE

UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE

FACULDADE DE ENGENHARIA

CURSO DE ENGENHARIA INFORMÁTICA

**DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE CRIAÇÃO E GESTÃO DE CARTÕES
VIRTUAIS PARA PAGAMENTO DE PORTAGENS: ESTUDO DE CASO PORTAGEM DA
REVIMO MATOLA GARE 2025**

Autor:

Baloi, Issaque Mouzinho

Supervisor:

Eng.º Cristiliano Maculuve

Maputo, Junho de 2025



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE
FACULDADE DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA

TERMO DE ENTREGA DE RELATÓRIO DO TRABALHO DE LICENCIATURA

Declaro que o Estudante Baloi, Issaque Mouzinho entregou no dia __/__/2025 as ____ copias do seu Trabalho de Licenciatura com referência: intitulado: **DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE CRIAÇÃO E GESTÃO DE CARTÕES VIRTUAIS PARA PAGAMENTO DE PORTAGENS: ESTUDO DE CASO PORTAGEM DA REVIMO MATOLA GARE 2025**

Maputo, Junho de 2025

O Chefe da Secretaria

Dedicatórias

Dedico este trabalho, em primeiro lugar, a Deus, pela força, saúde e sabedoria que me sustentaram ao longo desta caminhada. À minha esposa, Candinha, pelo amor, paciência e apoio incondicional, que foram fundamentais nos momentos mais desafiantes. Aos meus filhos, Caíssa e Keyden, cuja alegria e inspiração iluminaram cada etapa deste percurso.

Dedico ainda aos meus pais, Mouzinho e Luísa, que, com amor e dedicação, me ensinaram o valor da persistência e do esforço. Aos meus irmãos, Arquino, Mouzinho, Edelson, Margarida e Lucrencia, pela união e motivação constantes, que sempre me deram força para avançar.

Este trabalho é igualmente dedicado aos meus sogros Anjo e Graciete, aos meus cunhados Stefania, Bongane e Tracy, cujas palavras de encorajamento e carinho estiveram sempre presentes. É em cada um de vós que encontro o verdadeiro significado de apoio e família.

Agradecimentos

A Deus, pela força, saúde e sabedoria concedidas ao longo desta caminhada.

Aos meus pais, Mouzinho e Luísa, pela educação, valores e apoio incondicional que sempre me proporcionaram.

Aos meus irmãos, Arquino, Mouzinho, Edelson, Lucrencia e Margarida, à minha Avó Joana pela companhia, motivação e suporte em cada etapa.

À minha esposa, Candinha, pelo amor, compreensão e paciência, que foram essenciais para ultrapassar os momentos de desafio.

Aos meus filhos, Caíssa e Keyden, minha fonte de inspiração e alegria, que me motiva diariamente a buscar o melhor.

Aos meus sogros Anjo e Graciete, aos meus cunhados Stefania, Bongane e Tracy, pela presença constante, carinho e apoio, que me fortaleceram ao longo deste percurso.

Aos amigos Cilício, Cortes, Stélio, Arsénio, Jorge, Manucho e Saidata, pela amizade sincera, partilha de momentos especiais e motivação em todos os momentos.

Ao meu supervisor, Eng.º Cristiliano Maculuve, pela dedicação, paciência e valiosos conselhos, que foram fundamentais para a realização deste trabalho.

Aos funcionários da REVIMO e aos utentes das portagens, que participaram activamente deste estudo, o meu mais sincero agradecimento pela valiosa colaboração e disponibilidade em responder ao questionário e às entrevistas. A contribuição de cada um foi essencial para a coleta de dados e a compreensão das dinâmicas e desafios relacionados ao uso das portagens.

A todos, o meu sincero agradecimento por terem sido parte desta jornada e pelo impacto positivo que tiveram no sucesso deste projeto. Este trabalho é, também, um reflexo do vosso apoio e presença em minha vida.

Resumo

O presente trabalho insere-se no contexto dos desafios enfrentados em Moçambique no que diz respeito à modernização dos sistemas de cobrança de portagens, tradicionalmente baseados em métodos manuais. Esta realidade tem provocado longas filas, tempos de espera consideráveis e perda de eficiência operacional, particularmente nas infraestruturas geridas pela REVIMO, na cidade de Maputo.

O problema identificado prende-se com a ineficiência e os riscos associados aos métodos de pagamento actualmente utilizados. Nesse sentido, este estudo teve como objectivo desenvolver um sistema de criação e gestão de cartões virtuais para pagamento de portagens, para o alcance desses objectivos foram traçados os seguintes objectivos específicos: Descrever o sistema actual de pagamento nas portagens; Identificar as necessidades e expectativas dos utilizadores da portagem da REVIMO Matola Gare; Projectar a arquitetura do sistema, que garante a integração com as tecnologias de pagamento digitais; Propor um protótipo funcional do sistema de cartões virtuais, incluindo interfaces de utilizador para aplicações móveis.

Para tal, recorreu-se a uma metodologia de investigação mista, combinando abordagens qualitativas e quantitativas, recorrendo-se a técnicas de pesquisa como entrevistas semi estruturadas, perguntas abertas conduzidas pelo autor em língua portuguesa a operadores e questionários a utilizadores.

Os dados obtidos a partir da entrevista e dos inquéritos indicam que a maioria dos utentes utiliza as portagens diariamente e manifesta insatisfação com o tempo de espera, a rigidez dos métodos de pagamento e a ausência de opções digitais eficazes; o pagamento em dinheiro ainda predomina (69,2%), mas é associado a lentidão, insegurança e ineficiência, revelando uma urgência de modernização; apesar de 72,6% dos inquiridos conhecerem tecnologias digitais, apenas 34,7% as utilizam, devido à ausência de integração prática no sistema actual; tanto utentes como operadores demonstram forte predisposição para a adopção de cartões virtuais e pagamentos móveis, desde que acompanhados por medidas de segurança digital e formação dos utilizadores.

O protótipo do sistema foi desenvolvido com recurso às tecnologias *Flutter*, *Python* e *MySQL*, permitindo a integração com plataformas de pagamento como M-Pesa e Visa.

O sistema implementado oferece funcionalidades como o pagamento por *QR Code*, gestão de saldo e transacções, destacando-se pela sua usabilidade, rapidez e sustentabilidade. Apesar de limitações como a escalabilidade e a conformidade regulatória, os resultados obtidos demonstram que a solução é viável e alinhada com as tendências actuais de inovação e inclusão digital. Recomenda-se o reforço da segurança através da utilização de tecnologias como *blockchain* e a criação de *interfaces* inclusivas e acessíveis.

Palavras-chaves: Desenvolvimento de Sistema, Gestão de Cartões Virtuais, Pagamentos de Portagens.

Abstract

This study addresses the challenges faced in Mozambique regarding the modernization of toll collection systems, which have traditionally relied on manual methods. This situation has resulted in long queues, significant waiting times, and a loss of operational efficiency, particularly at toll facilities managed by REVIMO in the city of Maputo.

The identified problem relates to the inefficiency and risks associated with the currently used payment methods. Therefore, the main objective of this study was to develop a system for creating and managing virtual cards for toll payments. To achieve this goal, the following specific objectives were defined: to describe the current toll payment system; to identify the needs and expectations of REVIMO Matola Gare toll users; to design a system architecture that supports integration with digital payment technologies; and to propose a functional prototype of the virtual card system, including user interfaces for mobile applications.

A mixed research methodology was adopted, combining qualitative and quantitative approaches. Techniques such as semi-structured interviews and open-ended questions conducted in Portuguese with toll operators, along with questionnaires distributed to users, were employed.

Data obtained from interviews and surveys indicate that most users pass through tolls daily and express dissatisfaction with the waiting time, rigidity of payment methods, and lack of effective digital options. Although cash is still the dominant payment method (69.2%), it is associated with delays, insecurity, and inefficiency, highlighting the urgency of modernization. Despite 72.6% of respondents being familiar with digital technologies, only 34.7% actively use them due to a lack of practical integration in the current system. Both users and operators showed strong willingness to adopt virtual cards and mobile payments, provided that digital security measures and user training are implemented.

The system prototype was developed using Flutter, Python, and MySQL, enabling integration with payment platforms such as M-Pesa and Visa. It offers features like QR code payments, balance management, and transaction tracking, standing out for its usability, speed, and sustainability. Despite limitations such as scalability and regulatory compliance, the results demonstrate that the solution is viable and aligned with current trends in innovation and digital inclusion. It is recommended to enhance security through technologies like blockchain and to design inclusive and accessible user interfaces.

Keywords: System Development, Virtual Card Management, Toll Payments.

Índice

CAPÍTULO 1: INTRODUÇÃO	1
1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO	2
1.2 PROBLEMATIZAÇÃO.....	3
1.3 JUSTIFICATIVA	4
1.4 OBJETIVOS.....	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
1.4.1 Geral	5
1.4.2 Específicos	5
1.5 METODOLOGIA	6
1.5.1 Técnicas de Recolha de Dados	6
1.5.2 Análise e Interpretação de Dados.....	7
1.5.3 Universo e Amostra	7
1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO.....	7
1.6.1 Limitações da Pesquisa	8
2.1 HISTÓRICO E EVOLUÇÃO DOS SISTEMAS DE PAGAMENTO DE PORTAGENS.....	9
2.2 QR CODE	11
2.2.1 Estrutura e Funcionamento.....	11
2.2.2 Níveis de Correção de Erros.....	11
2.2.3 Aplicações do QR Code.....	12
2.2.4 Benefícios e Limitações	12
2.2.5 Impacto do QR Code na Sociedade	12
2.3 PAGAMENTOS DIGITAIS	12
2.3.1 Principais Tipos de Pagamentos Digitais.....	13
2.3.2 Benefícios dos Pagamentos Digitais.....	14
2.3.3 Desafios na Adoção dos Pagamentos Digitais	14
2.3.4 Impacto Econômico dos Pagamentos Digitais.....	14
2.4 CASOS DE SUCESSO	15
2.4.1 E-ZPass (Estados Unidos):.....	15
2.4.2 Via Verde (Portugal):	15
2.4.3 Portagem Eletrônica na Índia.....	15
2.5 IMPACTOS DA DIGITALIZAÇÃO EM SERVIÇOS PÚBLICOS	16
2.6 TENDÊNCIAS FUTURAS NOS PAGAMENTOS DE PORTAGENS DIGITAIS	18
CAPÍTULO 3: DESENVOLVIMENTO DO SISTEMA.....	20
3.1 ANÁLISE DAS NECESSIDADES DOS UTILIZADORES.....	20
3.2 REQUISITOS DO SISTEMA	22
3.2.1 Requisitos Funcionais.....	22
3.2.2 Requisitos Não Funcionais	24
3.3 CASOS DE USO	26
7. Substituir o QR Code.....	31

3.4	ARQUITETURA DO SISTEMA	34
3.4.1	<i>Estrutura Geral do Sistema</i>	34
3.4.2	<i>Componentes e Funções das Camadas</i>	35
3.5	IMPLEMENTAÇÃO DO PROTÓTIPO	36
3.5.1	<i>Bibliotecas e APIs Utilizadas</i>	37
3.5.2	<i>Funcionalidades e Telas do Sistema</i>	38
3.5.3	<i>Integração das Tecnologias e Fluxo de Comunicação</i>	41
3.5.4	<i>Tecnologias Utilizadas</i>	42
3.5.5	<i>Integração e criterios de aceitação do Protótipo</i>	43
3.6	IMPLEMENTAÇÃO DOS MECANISMOS DE SEGURANÇA.....	44
3.6.1	<i>Encriptação de Dados Sensíveis</i>	44
3.6.2	<i>Autenticação e Autorização</i>	45
3.6.3	<i>Autenticação Multifactorial para Perfis Críticos</i>	45
3.6.4	<i>Gestão de Sessões e Expiração de Tokens</i>	45
3.6.5	<i>Proteção Contra Ataques de Força Bruta e Limitação de Tentativas de Login</i> 46	
3.6.6	<i>Validação de Dados e Prevenção Contra Injeções SQL</i>	46
3.6.7	<i>Auditoria e Registo de Actividades</i>	46
3.6.8	<i>Educação e Notificações de Segurança aos Utilizadores</i>	47
3.6.9	<i>Implementação Técnica no Código</i>	47
	CAPÍTULO 4: RESULTADOS OBTIDOS E DISCUSSÃO.....	49
4.1	INQUÉRITO	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
4.2	ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS DO INQUÉRITO AOS UTENTES	60
4.3	ROTEIRO DE ENTREVISTA AOS FUNCIONÁRIOS DA REVIMO	62
4.4	ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS DO QUESTIONÁRIO FEITO AOS OPERADORES 65	
4.5	FUNCIONALIDADES DO SISTEMA	67
4.6	RESULTADOS DOS TESTES DE FUNCIONALIDADES	68
4.7	ANÁLISE COMPARATIVA COM SISTEMAS EXISTENTES EM MOÇAMBIQUE	69
4.8	DISCUSSÃO DOS RESULTADOS DA COMPARAÇÃO	70
4.9	SEGURANÇA E INTEGRIDADE DOS DADOS	71
4.9.1	<i>Resultados de Segurança</i>	71
4.10	DESEMPENHO E ESCALABILIDADE	72
4.10.1	<i>Resultados de Desempenho</i>	72
4.11	LIMITAÇÕES DO PROTÓTIPO E RECOMENDAÇÕES PARA FUTURAS MELHORIAS	73
	CAPÍTULO 5: CONCLUSÃO.....	74
5.1	SUGESTÕES	75
5.2	REFERÊNCIAS	75
5.3	ANEXO 3: DIAGRAMA ENTIDADE RELACIONAMENTO	79

5.4 ANEXO 3: CÓDIGO BACK END.....80

Lista de figuras

Figura 1: Ilustração de Qr code	11
Figura 2: Sistema Eletrónico de Cobrança de Portagens	16
Figura 3: Diagrama de sequencia (Transferencia de saldo).....	28
Figura 4: Diagrama de sequencia (recarregar)	29
Figura 5: Diagrama de sequencia (Pagar via Qr code)	30
Figura 6: Diagrama de sequencia (Substituir Qr code).....	32
Figura 7: Fluxograma de Actividades	33
Figura 8: Tela de Login	38
Figura 9: Página inicial Qr code.....	39
Figura 10: Página inicial Menu Usuário.....	39
Figura 11: Menu seleccionar opção de pagamento	40
Figura 12: Tela de pagamento Visa	40
Figura 13: Tela de pagamento Mpesa.....	40
Figura 14: Tela de Transferencia de saldo	41
Figura 15: Representação gráfica sobre frequência de uso de portagens (inquérito)....	50
Figura 16: : Representação grafica sobre o meio de transporte que usa com frequencia (inquerito).....	51
Figura 17: : Representação grafica sobre o método de pagamento nas portagens(inquerito).....	52
Figura 18: : Representação grafica sobre o nivel de satisfação em relação ao sistema de pagamento nas portagens(inquerito)	53
Figura 19: : Representação grafica sobre o maior desafio no pagamento de portagens (inquerito).....	54
Figura 20: : Representação grafica sobre conhecimento de cartões digitais (inquerito) 55	
Figura 21: : Representação grafica sobre o uso de cartões digitais(inquerito).....	56
Figura 22: : Representação grafica sobre conveniencia dos metodos de pagamento nas portagens (inquerito).....	57
Figura 23: : Representação grafica sobre expectativas ao passar pelas portagens (inquerito).....	58
Figura 24: : Representação grafica sobre digitalização de pagamentos(inquerito)	59
Figura 25: : Representação grafica sobre preocupações no uso de pagamentos digitais (inquerito).....	60
Figura 26: Diagrama entidade relacionamento	79

Lista de Tabelas

Tabela 1: Tabela dos requisitos funcionais.....	23
Tabela 2: Tabela dos requisitos não funcionais.....	24
Tabela 3: Tabela representativa dos testes de funcionalidades	68
Tabela 4: Tabela comparativa dos sistemas existentes e o sistema proposto.....	69
Tabela 5: Tabela representativa dos resultados de segurança.....	71
Tabela 6: Tabela representativa dos resultados de desempenho	72

Lista Completa de Acrónimos e Abreviaturas

- **AEPS:** *Aadhaar Enabled Payment System* (Sistema de Pagamento Habilitado por Aadhaar)
- **API:** *Application Programming Interface* (Interface de Programação de Aplicações)
- **DSRC:** *Dedicated Short-Range Communications* (Comunicações Dedicadas de Curto Alcance)
- **ETC:** *Electronic Toll Collection* (Cobrança Eletrónica de Portagens)
- **IoT:** *Internet of Things* (Internet das Coisas)
- **IOTA:** Internet of Things Application (Aplicação para Internet das Coisas)
- **JWT:** *JSON Web Token* (Token Web JSON)
- **MFA:** *Multi-Factor Authentication* (Autenticação Multifatorial)
- **M-Pesa:** Mobile Pesa (Plataforma de Pagamento Móvel)
- **MySQL:** *Structured Query Language* (Linguagem Estruturada para Consultas)
- **ODS:** Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
- **ODS 9:** Objetivos de Desenvolvimento Sustentável Indústria, Inovação e Infraestrutura
- **ODS 11:** Objetivos de Desenvolvimento Sustentável Cidades e Comunidades Sustentáveis
- **QR Code:** Quick Response Code (Código de Resposta Rápida)
- **RESTful:** Representational State Transfer (Transferência de Estado Representacional)
- **RGPD:** Regulamento Geral sobre a Proteção de Dados
- **SSL/TLS:** Secure Sockets Layer / Transport Layer Security (Camada de Sockets Segura / Segurança na Camada de Transporte)
- **UPI:** Unified Payment Interface (Interface Unificada de Pagamento)
- **UX:** User Experience (Experiência do Utilizador)
- **V2X:** *Vehicle-to-Everything* (Veículo para Tudo)

CAPÍTULO 1: INTRODUÇÃO

Com o aumento da urbanização e o desenvolvimento das infra-estruturas rodoviárias, Moçambique enfrenta o desafio de modernizar os seus sistemas de cobrança de portagens, essenciais para a manutenção e expansão das estradas. Neste contexto, o pagamento de portagens ainda é amplamente realizado de forma manual, o que origina congestionamentos, atrasos e insatisfação entre os automobilistas, especialmente em períodos de maior fluxo. Dados preliminares da REVIMO (2023), concessionária responsável pelo maior número de portagens em Maputo, indicam um fluxo anual de aproximadamente 19.525.430 veículos, com um tempo médio de espera nas portagens a variar entre 30 segundos e 1 minuto por veículo. Tal situação resulta num acumulado de 162.717 a 325.434 horas anuais de espera, evidenciando a ineficiência do sistema actual e o seu impacto na produtividade dos motoristas e na mobilidade urbana (*idem*).

Nos últimos anos, Moçambique tem registado um crescimento significativo na utilização de tecnologias digitais para o pagamento de bens e serviços, alinhando-se a Estratégia Nacional de Desenvolvimento 2015-2035 (ENDE, 2014), que privilegia a transformação digital como pilar para o progresso económico e social. A necessidade de soluções mais eficientes para a cobrança de portagens é amplificada pela crescente tendência global de adopção de plataformas móveis como método de pagamento. Em muitos países, o uso de smartphones para transacções financeiras tornou-se comum, devido à sua conveniência, rapidez e segurança.

De acordo com a União Internacional de Telecomunicações (UIT, 2022), o uso de dispositivos móveis para pagamentos cresce a uma taxa de 20% ao ano em países em desenvolvimento, incluindo a África Subsaariana, tendência visível em Moçambique com o aumento da adesão a aplicações como o M-Pesa. Neste cenário, o desenvolvimento de um cartão virtual para o pagamento de portagens apresenta-se como uma solução inovadora, capaz de melhorar a experiência dos automobilistas locais e dos estrangeiros que entram no país, muitos dos quais habituados a métodos digitais e que enfrentam barreiras ao dependerem de moeda local em dinheiro.

1.1 Contextualização

A REVIMO – Rede Viária de Moçambique é a entidade concessionária responsável pela gestão, manutenção e modernização de diversas infraestruturas rodoviárias em Moçambique, com especial incidência na cidade de Maputo. A empresa opera um conjunto de portagens com elevado fluxo de veículos, sendo registada uma média diária de aproximadamente 53.494 viaturas a circular pelas suas instalações. Esta realidade operacional traduz-se num volume de tráfego significativo, essencial para a arrecadação de receitas e sustentabilidade das infraestruturas rodoviárias do país.

Contudo, o sistema de pagamento de portagens actualmente em vigor é, na sua maioria, de natureza manual, o que tem vindo a originar longas filas, tempos de espera excessivos e insatisfação por parte dos utentes. Estima-se que o tempo de espera acumulado nas portagens da REVIMO varie entre 162.717 a 325.434 horas anuais, o que representa um obstáculo à fluidez do tráfego e à mobilidade urbana, com impacto directo na produtividade dos condutores e no funcionamento da cidade.

Este cenário reflecte um problema mais amplo relacionado com a necessidade de modernização dos serviços públicos, particularmente no sector dos transportes, numa altura em que Moçambique assiste a uma crescente digitalização dos serviços e a uma maior adopção de tecnologias móveis, como o M-Pesa, por parte da população. A nível internacional, a implementação de sistemas electrónicos e automatizados para pagamento de portagens tem-se revelado uma solução eficaz para melhorar a experiência dos utilizadores, otimizar a operação das infraestruturas e reduzir o impacto ambiental associado ao tempo de espera dos veículos.

Neste sentido, o presente projecto centra-se no desenvolvimento de um sistema de criação e gestão de cartões virtuais para o pagamento de portagens, com o objectivo de melhorar a eficiência do processo de cobrança, garantir maior segurança e comodidade aos utentes, e responder aos desafios enfrentados pela REVIMO. A investigação decorreu entre segundo semestre de 2024 e primeiro semestre de 2025 e está enquadrada na área da gestão tecnológica e sistemas de pagamento digitais, procurando

contribuir para a concretização dos Objectivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), em particular o ODS 9 (Indústria, Inovação e Infra-estruturas) e o ODS 11 (Cidades e Comunidades Sustentáveis), através da promoção de soluções inovadoras, sustentáveis e centradas no utilizador.

1.2 Problematização

O crescente uso de carteiras móveis e serviços bancários digitais para a realização de pagamentos tem transformado a maneira como as transacções financeiras são conduzidas em Moçambique e no mundo. Essa tendência reflecte a necessidade de métodos de pagamento mais dinâmicos, que ofereçam maior conveniência, rapidez e segurança aos utilizadores.

No entanto, o sistema actual de pagamento de portagens em Moçambique, que ainda se baseia em métodos tradicionais como o pagamento manual, cartões físicos e *e-tags*, não acompanham essa evolução tecnológica. Resultando em filas, congestionamentos e atrasos significativos, especialmente em horários de pico.

Além disso, este método é vulnerável a erros humanos e apresenta riscos de segurança associados ao manuseio de grandes quantidades de dinheiro, sem mencionar os custos operacionais elevados que impõe às concessionárias de estradas. Por outro lado, os cartões físicos, embora sejam uma alternativa ao dinheiro, apresentam limitações como o risco de perda, danos e a susceptibilidade a fraudes. A sua recarga ou substituição pode ser inconveniente, especialmente para motoristas em áreas remotas.

Os dispositivos *e-tag*, embora mais avançados, enfrentam desafios como o alto custo de instalação e manutenção, que limita a sua adopção. Com a crescente popularidade das carteiras móveis e serviços bancários digitais, é evidente a necessidade de modernizar o sistema de pagamento de portagens em Moçambique, incorporando métodos mais adaptados às práticas financeiras contemporâneas. A criação de cartões virtuais, integrados a essas plataformas móveis, surge como uma solução que não só responde à demanda por métodos de pagamento mais dinâmicos, mas também aborda os problemas operacionais e de segurança associados aos sistemas atuais. Diante do exposto acima coloca-se a seguinte questão de partida: **Como um sistema de cartões**

virtuais pode melhorar a eficiência e a experiência do utilizador no pagamento de portagens em Moçambique?

1.3 Justificativa

A nível académico, o estudo sobre a criação e gestão de sistemas tecnológicos desempenha um papel crucial na compreensão da integração de soluções inovadoras para problemas do mundo real. Durante o desenvolvimento deste projecto, foram explorados conceitos fundamentais como a transformação digital e a usabilidade em sistemas de pagamento, bem como teorias relacionadas com automação e eficiência em processos operacionais. Princípios de Engenharia de *Software* e metodologias ágeis, que enfatizam a funcionalidade, flexibilidade e adaptação às necessidades dos utilizadores, fundamentaram a investigação. A revisão de literatura e a análise de casos reais evidenciaram a necessidade de um sistema eficaz e acessível que simplifique o processo de pagamento de portagens, promovendo a modernização e eficiência no sector dos transportes.

No contexto social, a implementação de um sistema de cartões virtuais para pagamento de portagens tem potencial para transformar a experiência dos utilizadores e melhorar a fluidez do tráfego. Dados da REVIMO indicam que o tempo acumulado de espera pode atingir 325.434 horas anuais, resultando em atrasos, frustrações e perdas económicas estimadas em milhões de meticais para motoristas e empresas. A adopção de sistemas automatizados e virtuais, que eliminam a necessidade de pagamentos físicos, pode reduzir este tempo em até 90%, promovendo maior eficiência operacional e conforto aos utilizadores, além de diminuir as emissões de carbono associadas ao tempo ocioso dos veículos. Estudos de autores como Rogers e Fogg sobre a adoção de tecnologia e a influência da experiência do utilizador no comportamento reforçam a importância de desenvolver soluções intuitivas e adaptadas às expectativas dos utilizadores. Estes factores sociais motivaram a investigação sobre como a digitalização pode otimizar o pagamento de portagens, reduzindo os impactos negativos para os cidadãos e promovendo maior eficiência no sector rodoviário.

A nível pessoal, a temática da transformação digital e a sua aplicação prática sempre despertaram interesse, principalmente devido ao impacto positivo que estas soluções podem gerar na sociedade. Experiências pessoais relacionadas com o uso de tecnologias inovadoras fortaleceram a convicção de que sistemas virtuais bem desenvolvidos não apenas resolvem problemas específicos, mas também proporcionam benefícios amplos para a mobilidade urbana e a sustentabilidade. Este projecto reflecte o interesse em contribuir para a criação de soluções práticas que melhorem a qualidade de vida dos indivíduos e tornem os serviços públicos e privados mais eficientes.

Com este estudo, pretende-se contribuir para a consciencialização sobre a importância da digitalização e da gestão eficiente dos serviços de pagamento. Além de propor uma solução tecnológica inovadora, busca-se demonstrar como um sistema de cartões virtuais pode reduzir custos operacionais, melhorar a experiência do utilizador e promover a modernização do sector dos transportes, alinhando-se às metas do PND e dos ODS. Espera-se que este trabalho sirva como referência para gestores, desenvolvedores de *software* e responsáveis por políticas públicas, incentivando a adopção de tecnologias acessíveis e eficazes que respondam às necessidades dos utilizadores e da sociedade como um todo.

1.4 Objectivos

1.4.1 Geral

- Desenvolver um sistema de criação e gestão de cartões virtuais destinados ao pagamento de portagens.

1.4.2 Específicos

- Descrever o sistema actual de pagamento nas portagens;
- Identificar as necessidades e expectativas dos utilizadores da portagem da REVIMO;
- Projectar a arquitectura do sistema, que garante a integração com as tecnologias de pagamento digitais;
- Propor um protótipo do sistema de cartões virtuais, incluindo *interfaces* de utilizador para aplicações móveis.

1.5 Metodologia

Este capítulo apresenta o percurso metodológico adoptado na pesquisa, descrevendo os tipos de pesquisa, amostra, instrumentos de recolha de dados e análise. A metodologia, conforme Prodanov e Freitas (2013), consiste no conjunto de técnicas e métodos usados para construir conhecimento científico. Assim, foram definidos os seguintes elementos principais:

- **Quanto à natureza:** Esta pesquisa é de natureza aplicada, com o objectivo de resolver problemas específicos nas portagens da REVIMO e gerar conhecimento prático aplicável.
- **Quanto aos objectivos:** Foi adoptada uma abordagem exploratória e descritiva. A pesquisa exploratória permitiu compreender o contexto dos sistemas de portagem em Moçambique e identificar lacunas, enquanto a descritiva mapeou as características dos sistemas existentes e as expectativas dos utilizadores (Prodanov & Freitas, 2013).
- **Quanto aos procedimentos técnicos:** Utilizou-se pesquisa bibliográfica e estudo de caso. A pesquisa bibliográfica fundamentou o referencial teórico, enquanto o estudo de caso aprofundou o conhecimento sobre as operações da portagem da REVIMO Matola Gare.
- **Quanto à forma de abordagem:** A pesquisa adoptou uma abordagem mista, combinando métodos **quantitativos** e **qualitativos**. O método quantitativo permitiu a análise de dados recolhidos por questionários aplicados a utilizadores, enquanto o qualitativo proporcionou uma interpretação detalhada dos dados recolhidos através de entrevistas e observações. Conforme Prodanov e Freitas (2013), essa abordagem mista assegura uma análise mais abrangente e aprofundada do fenómeno investigado.

1.5.1 Técnicas de Recolha de Dados

Foram empregues observação e entrevistas:

- **Observação directa:** Realizada no local, analisando infra-estruturas, fluxo de tráfego e métodos de pagamento.
- **Entrevistas semiestruturadas:** Direccionadas a operadores e especialistas em sistemas de portagem, facilitando respostas aprofundadas.
- **Observação indirecta:** Dados recolhidos por questionários electrónicos enviados aos utilizadores.

1.5.2 Análise e Interpretação de Dados

A análise dos dados utilizou ferramentas do pacote *Office (Word e Excel)* para organizar e resumir os resultados obtidos. Segundo Gil (2006), esta etapa visa ligar informações recolhidas com conhecimentos prévios, assegurando respostas consistentes ao problema investigado.

1.5.3 Universo e Amostra

A pesquisa contou com 13 colaboradores da REVIMO para entrevistas e 2327 utilizadores para os questionários. A amostra foi diversificada, abrangendo diferentes perfis de utilizadores, horários e padrões de uso, assegurando uma representação ampla das necessidades e desafios enfrentados.

1.6 Estrutura do Trabalho

- **Capítulo 1 - Introdução:** Contextualização, problematização e metodologia.
- **Capítulo 2 - Revisão da Literatura:** Análise da evolução dos sistemas de portagem e tecnologias digitais.
- **Capítulo 3 - Metodologia:** Detalhamento das etapas de investigação e recolha de dados.
- **Capítulo 4 - Desenvolvimento do Sistema:** Descrição do protótipo, tecnologias e segurança.
- **Capítulo 5 - Resultados e Discussão:** Avaliação do protótipo e propostas de melhoria.

- **Capítulo 6 - Conclusão e Recomendações:** Síntese dos resultados e sugestões para estudos futuros.

1.6.1 Limitações da Pesquisa

A pesquisa enfrenta algumas limitações, nomeadamente:

- **Acesso Limitado a Dados:** O acesso a informações detalhadas sobre o sistema actual de pagamento de portagens em Moçambique foi limitado, o que poderá restringir a análise mais aprofundada do sistema em funcionamento.
- **Restrição Temporal:** O tempo disponível para o desenvolvimento do protótipo poderá não ser suficiente para permitir o seu completo refinamento, levando a um produto inicial com funcionalidades mais básicas.
- **Amostragem:** A recolha de dados quantitativos através de inquéritos poderá não reflectir a totalidade dos utilizadores de portagens, particularmente aqueles que não possuem acesso a *smartphones* ou tecnologias digitais.

CAPÍTULO 2: REVISÃO DA LITERATURA

A revisão da literatura analisa as principais abordagens e tecnologias que moldaram os sistemas de pagamento de portagens, destacando a transição de sistemas manuais para sistemas eletrônicos avançados, e o impacto das tecnologias digitais nas operações rodoviárias e na experiência do utilizador (Boote & Beile, 2005). A evolução dos sistemas de pagamento de portagens reflete o avanço tecnológico, começando com sistemas manuais e passando para sistemas eletrônicos (ETC), que utilizam tecnologias como RFID e DSRC para detecção automática de veículos e pagamento direto (Roy & Sinha, 2014).

Com a introdução do *QR Code*, surgiram novas possibilidades de pagamento rápido e acessível, sendo esta tecnologia amplamente utilizada devido à sua praticidade e capacidade de armazenamento de dados (Sutheebanjard & Premchaiswadi, 2010). Os sistemas de pagamento digital, como cartões bancários, carteiras digitais e pagamentos móveis, têm impulsionado a modernização e a inclusão financeira, reduzindo barreiras para o acesso a serviços eletrônicos.

A digitalização em serviços públicos, como portagens, tem mostrado resultados positivos na redução do tempo de espera e das emissões de carbono, além de promover eficiência operacional e inclusão financeira (Bezhovski, 2016; Singh et al., 2012; Odi & Richard, 2013). Este capítulo aborda o histórico e evolução dos sistemas de pagamento, o uso do *QR Code*, a diversidade dos métodos de pagamento digital, estudos de caso internacionais e os impactos da digitalização, fornecendo uma base sólida para o desenvolvimento de sistemas modernos e eficientes.

2.1 Histórico e Evolução dos Sistemas de Pagamento de Portagens

A evolução dos sistemas de pagamento de portagens reflete a busca por maior eficiência na mobilidade e gestão das infraestruturas rodoviárias. Inicialmente, o método manual era predominante, com condutores a efetuarem pagamentos em cabines, gerando filas, atrasos e emissões de carbono devido ao tempo ocioso dos veículos (*Evolution-and-Innovation*).

Com os avanços tecnológicos, surgiram os sistemas de Cobrança Eletrônica de Portagens (ETC), que eliminam a necessidade de paragem nas portagens. Tecnologias como RFID e DSRC possibilitam a detecção automática de dispositivos instalados nos veículos, debitando o valor diretamente nas contas dos utilizadores. Exemplos incluem o *NETC FASTag* na Índia e o "*Touch 'n Go*" na Malásia, que simplificam a experiência dos utilizadores e promovem um fluxo contínuo de trânsito (Hemant Trivedi, 2021).

A cobrança baseada na distância percorrida é outra inovação significativa, adotada em países como a Alemanha. Este modelo ajusta os custos com base na quilometragem percorrida, promovendo uma distribuição mais justa dos encargos, especialmente para veículos pesados, e incentivando uma utilização mais responsável das rodovias (NPCI, 2016).

Sistemas interoperáveis também têm sido implementados em diversos países, permitindo que os utilizadores façam pagamentos em várias regiões com uma única conta. No Canadá, por exemplo, os transponders *RFID* funcionam em diferentes províncias, simplificando a experiência para condutores frequentes (Hemant Trivedi, 2021).

Inovações como os sistemas de pagamento veicular integrado, comuns em veículos de luxo nos Estados Unidos, permitem pagamentos automáticos sem necessidade de dispositivos externos, oferecendo maior conforto e praticidade (NPCI, 2016).

Finalmente, a integração de sistemas de portagens com carteiras digitais e métodos de pagamento por cartões bancários, como *UPI* na Índia, destaca a crescente adoção de pagamentos sem contato. Estes métodos modernizam a experiência dos utilizadores, permitindo transações rápidas em diversos contextos, incluindo estacionamento e outros serviços públicos (Hemant Trivedi, 2021).

Esses métodos de pagamento são indicativos da modernização e sustentabilidade crescentes nos sistemas de portagem. A variedade de opções permite não só simplificar a experiência dos utilizadores, mas também reduzir os impactos ambientais através da

diminuição do tempo de espera e das emissões, impulsionando a transformação das rodovias em espaços mais eficientes e inteligentes.

2.2 QR Code

O *QR Code*, sigla para *Quick Response Code* (Código de Resposta Rápida), é uma tecnologia desenvolvida em 1994 pela subsidiária da Toyota, Denso Wave, para otimizar o rastreamento de peças na produção automóvel (Tiwari, 2016). A principal vantagem do *QR Code* sobre o código de barras tradicional é a sua capacidade de armazenamento e rápida leitura de dados por meio de dispositivos como *smartphones* (Sutheebanjard & Premchaiswadi, 2010).

Figura 1: Ilustração de Qr code



Fonte: Adaptada pelo autor, 2024.

2.2.1 Estrutura e Funcionamento

O *QR Code* é um código de matriz bidimensional composto por módulos (*pixels*) dispostos numa grelha quadrada. A estrutura do código inclui padrões de alinhamento e sincronização, que permitem ao leitor identificar a orientação e decodificar a informação rapidamente, independentemente do ângulo de leitura (Yan & Liu, 2000). A capacidade de armazenamento do *QR Code* pode variar entre 21 x 21 módulos (Versão 1) e 177 x 177 módulos (Versão 40), acomodando até 7.089 caracteres numéricos (ISO/IEC 18004, 2000).

2.2.2 Níveis de Correção de Erros

O *QR Code* possui quatro níveis de correcção de erros (L, M, Q e H), implementados por meio do algoritmo de Reed-Solomon, que permite a recuperação de dados mesmo que o código esteja danificado em até 30% (Tiwari, 2016). Estes níveis garantem a

integridade das informações e facilitam a leitura em ambientes adversos, sendo amplamente utilizados em sectores que exigem alta fiabilidade, como transporte e logística (Yan & Liu, 2000).

2.2.3 Aplicações do QR Code

Desde a sua criação, o *QR Code* evoluiu e expandiu-se para diversos sectores, como *marketing*, segurança, educação e sistemas de pagamento. A popularização de *smartphones* com câmaras incorporadas impulsionou o uso do *QR Code* em aplicações voltadas para o consumidor final, como campanhas promocionais e pagamentos digitais (Shin et al., 2012). Na área da educação, códigos QR são usados para facilitar o acesso a materiais de ensino, promovendo o aprendizado móvel (Dorado et al., 2016).

2.2.4 Benefícios e Limitações

O *QR Code* possui várias vantagens, incluindo a alta capacidade de armazenamento, a possibilidade de armazenar diferentes tipos de dados (texto, URLs, dados binários, etc.), e a leitura rápida em 360 graus (ScanLife, 2015). No entanto, limitações como a necessidade de um leitor específico (*scanner* de *QR Code*) e riscos de segurança, como a possibilidade de direccionamento para sites maliciosos, ainda representam desafios para a adopção total dessa tecnologia (Tiwari & Sahu, 2014).

2.2.5 Impacto do QR Code na Sociedade

A crescente popularidade do *QR Code* pode ser atribuída à sua aplicabilidade numa economia digital em expansão. Um estudo da ScanLife (2015) revelou um aumento significativo no uso do *QR Code*, especialmente em países onde o *smartphone* se tornou um dispositivo de uso comum. Nos sistemas de pagamento, por exemplo, o *QR Code* facilita transacções rápidas e seguras, reduzindo a necessidade de dinheiro em papel e promovendo a inclusão digital (Shin et al., 2012).

2.3 Pagamentos Digitais

Pagamentos digitais, também chamados de pagamentos eletrônicos, representam transacções financeiras realizadas sem o uso de dinheiro em espécie. Nessas transacções, tanto o pagador quanto o recebedor utilizam métodos digitais para enviar e receber dinheiro. Conforme destacado por Sahayaselvi (2017), essas transacções são caracterizadas pela conveniência e rapidez, eliminando a necessidade de manipulação

física de moeda e facilitando o acesso financeiro para diversas populações (Sahayaselvi, 2017).

2.3.1 Principais Tipos de Pagamentos Digitais

Os métodos de pagamento digital são diversificados e adaptados para diferentes necessidades e contextos de uso. Os principais tipos de pagamento digital descritos incluem:

- **Cartões de Pagamento:** Representam uma das formas mais comuns de pagamento, incluindo cartões de débito e crédito, e são frequentemente utilizados em transações presenciais e *online*. Esses cartões funcionam com segurança adicional, como *PIN* e código *CVV*, para verificar a identidade do usuário, e sua popularidade deve-se à facilidade de uso e segurança fornecida pelos emissores financeiros (Sahayaselvi, 2017).
- **Carteiras Digitais (Digital Wallets):** São plataformas que armazenam informações financeiras de forma segura, permitindo que os usuários façam transações rápidas por meio de dispositivos móveis. Com a popularização de smartphones, as carteiras digitais como *Paytm*, *Freecharge* e *M-Pesa* ganharam espaço, simplificando o processo de pagamento e permitindo que os usuários façam transações sem a necessidade de cartões físicos (Sahayaselvi, 2017).
- **Interface Unificada de Pagamentos (UPI):** O UPI permite que os usuários façam transações diretamente entre contas bancárias usando apenas identificadores simples, como um endereço virtual de pagamento (*VPA*), sem precisar fornecer detalhes bancários completos. Desenvolvido para facilitar a transição para uma economia sem dinheiro, o UPI tem sido amplamente utilizado na Índia, onde foi introduzido para promover a inclusão financeira (Sahayaselvi, 2017).
- **Serviço de Pagamento com Suporte Aadhaar (AEPS):** Esse sistema possibilita transações bancárias utilizando o número Aadhaar do usuário (identificação biométrica), tornando-o acessível especialmente para áreas rurais e onde os dispositivos tradicionais de pagamento podem ser limitados. O *AEPS* aumenta a inclusão bancária, permitindo que usuários façam saques e consultas de saldo em terminais remotos com autenticação biométrica (Sahayaselvi, 2017).

- **Internet Banking:** Plataformas de *internet banking* e *mobile banking* permitem que os usuários realizem uma variedade de transações remotamente, como pagamento de contas, transferências entre contas e recarga de serviços móveis. Esses métodos, introduzidos pela primeira vez nos Estados Unidos na década de 1980, evoluíram para incluir múltiplas camadas de segurança e são amplamente utilizados devido à sua praticidade e segurança (Sahayaselvi, 2017).

2.3.2 Benefícios dos Pagamentos Digitais

Os pagamentos digitais oferecem várias vantagens para consumidores e empresas, como conveniência, segurança, e a capacidade de rastrear transações. O documento enfatiza que esses métodos reduzem o uso de dinheiro físico, o que pode facilitar a inclusão financeira e ampliar o acesso a serviços financeiros em regiões rurais. Além disso, governos e empresas têm promovido esses métodos como forma de formalizar a economia, melhorando a transparência e reduzindo a evasão fiscal (Sahayaselvi, 2017).

2.3.3 Desafios na Adoção dos Pagamentos Digitais

Apesar dos benefícios, a adoção de métodos digitais de pagamento enfrenta desafios como a necessidade de infraestrutura tecnológica adequada, o custo das transações para os usuários e os comerciantes, e a resistência dos consumidores devido à falta de familiaridade com a tecnologia e à desconfiança em relação à segurança. Como destaca Sahayaselvi (2017), especialmente em áreas rurais, onde a conectividade à *internet* e a alfabetização digital são limitadas, essas barreiras podem impedir uma transição rápida para um sistema de pagamentos sem dinheiro.

2.3.4 Impacto Econômico dos Pagamentos Digitais

A transição para pagamentos digitais tem um impacto significativo na economia, promovendo uma sociedade sem dinheiro e ajudando a reduzir custos operacionais para empresas e instituições financeiras. Ao possibilitar o rastreamento de transações, o sistema digital fortalece o combate à informalidade econômica e facilita políticas fiscais e de controle monetário. Segundo Sahayaselvi (2017), a expansão dos pagamentos digitais representa um passo importante para uma economia formal e transparente, ao mesmo tempo que impulsiona o crescimento econômico por meio da inclusão financeira.

Os métodos de pagamento digital são um reflexo da crescente modernização e eficiência nos sistemas financeiros. A diversidade de opções simplifica a experiência dos utilizadores, promovendo acessibilidade e inclusão financeira, enquanto reduz barreiras associadas às transacções tradicionais. Estes sistemas não só optimizam processos, mas também impulsionam a transição para economias mais transparentes e conectadas, alinhando-se com um futuro sustentável e digital.

2.4 Casos de Sucesso

2.4.1 E-ZPass (Estados Unidos):

O sistema *E-ZPass* utiliza tecnologia RFID para facilitar o pagamento de portagens sem a necessidade de parar. Isso resultou em uma melhoria significativa no fluxo de tráfego e na redução de congestionamentos, sendo um exemplo de sucesso na implementação de portagens eletrônicas (Singh, 2017).

2.4.2 Via Verde (Portugal):

A *Via Verde* é um exemplo de integração tecnológica bem-sucedida, combinando *RFID* com opções digitais, como cartões virtuais e aplicativos móveis. Além das portagens, o sistema permite pagamentos em estacionamento e postos de combustíveis, melhorando a experiência do usuário (Shivathanu, 2019).

2.4.3 Portagem Eletrônica na Índia

Sistema *FASTag* na Índia enfrentou desafios na implementação, como resistência dos usuários e problemas de interoperabilidade. Contudo, a tecnologia *RFID* tem sido amplamente adotada, e a infraestrutura tecnológica robusta foi fundamental para a crescente aceitação (Pandey & Rathore, 2018).

Figura 2: Sistema Eletrónico de Cobrança de Portagens



Fonte: <https://star-int.net/electronic-toll-collection-etc/>

2.5 Impactos da Digitalização em Serviços Públicos

A digitalização tem vindo a exercer um papel cada vez mais central na transformação dos serviços públicos, incluindo a cobrança de portagens, ao introduzir uma nova dinâmica de eficiência e acessibilidade. O avanço das tecnologias de informação permitiu a implementação de sistemas de cobrança automatizados e digitais, reduzindo a necessidade de intervenção humana e promovendo um fluxo mais ágil nas portagens. Segundo Bezhovski (2016), a digitalização tem impulsionado uma significativa melhoria na rapidez e precisão das transações, beneficiando tanto os utilizadores das infra-estruturas de transporte como as entidades gestoras, que passam a contar com métodos mais fiáveis de recolha de receitas.

A pandemia de COVID-19 trouxe um estímulo adicional para a implementação de tecnologias sem contacto, devido às restrições sanitárias impostas e à necessidade de evitar a transmissão de doenças. Neste contexto, métodos de pagamento digitais ganharam destaque, possibilitando transações sem contacto físico e, consequentemente, reduzindo o risco de contaminação. Esta situação sublinhou a importância de métodos de pagamento que sejam, simultaneamente, seguros, eficientes

e acessíveis para todos os utilizadores, independentemente da sua localização ou condições financeiras (V. Achutamba , Dr. CH.Hymavathi, 2022). A adopção de soluções digitais não apenas facilita a cobrança, mas também promove a segurança dos utilizadores e dos profissionais envolvidos na gestão das portagens.

O impacto da digitalização na cobrança de portagens vai para além da simples modernização dos sistemas de pagamento. Trata-se de uma oportunidade para fomentar a inclusão financeira e digital, particularmente em países e regiões onde o acesso aos serviços bancários tradicionais é limitado. A utilização de métodos de pagamento electrónicos permite que um maior número de pessoas tenha acesso aos serviços de portagens, integrando-se na economia formal e beneficiando dos avanços tecnológicos. Singh et al. (2012) e Odi & Richard (2013) referem que os sistemas digitalizados, ao promoverem a facilidade de uso e a acessibilidade, contribuem para a inclusão digital, ajudando a eliminar barreiras que anteriormente excluía determinados segmentos da população do acesso a infra-estruturas modernas de transporte.

Para além do benefício directo aos utilizadores, a digitalização de portagens possibilita uma recolha de dados mais abrangente e precisa sobre o tráfego e os padrões de uso das infra-estruturas. Esta informação é essencial para a planificação e gestão eficiente dos recursos, permitindo que as entidades públicas e privadas que gerem as estradas façam uma alocação mais eficaz dos investimentos, optimizando a manutenção e expansão da rede de transportes. A análise de dados possibilitada pelos sistemas digitalizados é, portanto, uma componente crítica na tomada de decisões informadas que visam o desenvolvimento sustentável das infra-estruturas de transporte.

A tendência para a digitalização e automatização dos sistemas de cobrança de portagens enquadra-se num movimento mais vasto de modernização dos serviços públicos, que visa tornar as cidades e os transportes mais inteligentes e sustentáveis. Este processo de modernização está em consonância com a adopção de tecnologias emergentes, como a Internet das Coisas (*IoT*) e o *Big Data*, que permitem uma monitorização constante e uma gestão optimizada dos recursos. A integração destas tecnologias nos sistemas de portagens, para além de tornar a experiência dos utilizadores mais

conveniente, representa um avanço significativo na direcção de uma gestão de transportes mais eficiente e ambientalmente responsável.

Portanto entende-se que digitalização das portagens representa um passo crucial na evolução dos serviços públicos, promovendo não apenas a eficiência e a agilidade, mas também a inclusão e a inovação.

2.6 Tendências Futuras nos Pagamentos de Portagens Digitais

Com os avanços em tecnologias como 5G e blockchain, as tendências para sistemas de pagamento de portagens digitais apontam para um cenário cada vez mais descentralizado, seguro e eficiente. A implementação de sistemas baseados em comunicação veículo-para-tudo (*Vehicle-to-Everything, V2X*), que permite uma troca direta de dados entre veículos e a infraestrutura rodoviária, está em ascensão. Com o suporte do 5G, esses sistemas oferecem conectividade de baixa latência e alta fiabilidade, possibilitando operações de pagamento em tempo real e aumentando a segurança e a privacidade dos utilizadores (Bartolomeu et al., 2020)

Além disso, as criptomoedas e tecnologias de identidade autoss soberana, como a *Hyperledger Indy*, estão a ser incorporadas em arquitecturas de pagamento digital. Estas tecnologias permitem transacções sem intermediários, reduzindo custos e facilitando a interoperabilidade entre diferentes países e sistemas de portagem, algo essencial para condutores internacionais ou frotas de veículos em trânsito entre regiões (Deng & Gao, 2020)

O uso de *blockchains* adaptados, como o *IOTA*, elimina taxas de transacção e facilita pagamentos em tempo real, algo crítico para sistemas de portagem de fluxo livre. Estas soluções oferecem uma infraestrutura robusta, resistente a falhas e escalável, ideal para suportar o crescimento do tráfego rodoviário em áreas urbanas e rurais (Bartolomeu et al., 2020).

Com base nos conceitos e estudos analisados, verifica-se que os sistemas de pagamento digital oferecem vantagens significativas na optimização da gestão de portagens, desde a redução dos custos operacionais até à melhoria da experiência dos utilizadores. Contudo, para que tais benefícios sejam implementados com sucesso em

Moçambique, é essencial compreender as especificidades do contexto local e alinhar as soluções propostas às necessidades reais dos utilizadores. Neste sentido, a secção seguinte apresenta a metodologia adoptada para identificar essas particularidades e fundamentar o desenvolvimento do sistema proposto.

CAPÍTULO 3: DESENVOLVIMENTO DO SISTEMA

Este capítulo descreve o processo de desenvolvimento do sistema de criação e gestão de cartões virtuais para pagamento de portagens, utilizando as tecnologias *Python*, *Flutter* e *MySQL*. Cada secção aborda desde o levantamento de requisitos até à implementação das funcionalidades específicas para os diferentes perfis de utilizador (Administrador, Operador e Utilizador Normal), incluindo segurança e testes. De acordo com Sommerville (2016), o levantamento e a análise de requisitos são essenciais para “compreender o contexto de aplicação do sistema e garantir que o produto final atenda ao seu propósito e aos objetivos dos utilizadores”. Esse princípio guiou as decisões no desenvolvimento, assegurando que o sistema atenda de forma efectiva às necessidades dos utilizadores.

3.1 Análise das Necessidades dos Utilizadores

A análise das necessidades dos utilizadores foi realizada através de questionários e entrevistas com diferentes perfis de utilizadores das portagens, incluindo administradores, operadores e motoristas. De acordo com Nielsen (1993), “a usabilidade é um atributo de qualidade que avalia o quão fácil é usar *interfaces*” – um aspecto central neste contexto, pois determina a adesão dos utilizadores ao sistema. Além disso, os principais pontos levantados foram:

- **Rapidez e Conveniência:** Motoristas e operadores destacaram a importância de métodos de pagamento rápidos para reduzir filas e facilitar o fluxo nas portagens, sendo um dos pontos essenciais para garantir a eficiência do sistema.
- **Segurança e Fiabilidade:** A protecção dos dados financeiros e pessoais é essencial, especialmente considerando o uso de tecnologia móvel e *online*. Os utilizadores expressaram a necessidade de medidas de segurança robustas, como encriptação de dados e autenticação, para evitar fraudes e assegurar a confiança no sistema.
- **Interface Intuitiva:** A usabilidade foi um ponto importante para garantir que motoristas com pouca familiaridade com tecnologia pudessem utilizar o sistema

facilmente. O *design* simples e funcional da interface é fundamental para que o sistema seja acessível a todos, sem necessidade de formação complexa.

- **Integração com Pagamentos Digitais:** Houve um interesse significativo na possibilidade de recarregar saldo usando carteiras móveis, como M-Pesa, e cartões bancários. Essa flexibilidade permite que os utilizadores escolham a forma de pagamento mais conveniente e acessível, aumentando a adesão ao sistema.
- **Redução de Custos Operacionais e Sustentabilidade:** Durante a análise, verificou-se que a digitalização das portagens não só optimiza a experiência do utilizador, como também reduz os custos operacionais. A eliminação de processos manuais e o uso de sistemas automáticos contribuem para uma operação mais sustentável, com menor necessidade de recursos materiais, como papel para recibos, e custos de manutenção reduzidos.
- **Facilidade de Suporte e Actualizações:** Os administradores destacaram a necessidade de um sistema que pudesse ser actualizado facilmente e que oferecesse suporte remoto para resolução rápida de problemas. A escolha por tecnologias como *Python* e *Flutter* reflecte esse requisito, pois ambas permitem a rápida implementação de novas funcionalidades sem interromper o funcionamento do sistema.
- **Acessibilidade e Inclusão Digital:** Considerando a diversidade de perfis de utilizadores, desde motoristas com pouca experiência com tecnologia até utilizadores mais habituados, a *interface* foi projectada para ser inclusiva. Foram realizados testes com utilizadores de diferentes idades e níveis de familiaridade digital para garantir que o sistema pudesse ser utilizado de forma universal e intuitiva.
- **Suporte a Multiplataforma:** Outro requisito frequente foi a possibilidade de acesso ao sistema em diferentes dispositivos, como *smartphones* e *tablets*, especialmente para os operadores e utilizadores normais que estão em movimento. O *Flutter* foi seleccionado como ferramenta de desenvolvimento pela

sua capacidade de gerar aplicações multiplataforma com alto desempenho e *design* consistente, permitindo o uso do sistema em vários tipos de dispositivos.

- **Personalização e Controlo do Utilizador:** Também foi apontada a necessidade de oferecer ao utilizador controlo sobre as suas transacções e dados pessoais. Este ponto orientou a implementação de funcionalidades como o histórico de transacções detalhado, notificações de actividade e opções de recarga, assegurando que o utilizador tenha transparência e autonomia no uso do sistema.

Estes pontos orientaram o desenvolvimento das funcionalidades e o design da arquitectura do sistema, visando proporcionar uma experiência completa, eficiente e segura para todos os perfis de utilizador, desde o Administrador até o Utilizador Normal.

3.2 Requisitos do Sistema

Os requisitos de sistema descrevem o que o sistema deve fazer para atender às necessidades dos utilizadores. Segundo Pressman (2014), os requisitos podem ser divididos em duas categorias principais: Requisitos Funcionais, que definem os serviços oferecidos pelo sistema, e Requisitos Não Funcionais, que representam restrições de desempenho, usabilidade e confiabilidade.

3.2.1 Requisitos Funcionais

De acordo com Kotonya e Sommerville (1998), os requisitos funcionais "descrevem as funcionalidades que o sistema deve fornecer e as tarefas que ele deve ser capaz de realizar".

Tabela 1: Tabela dos requisitos funcionais

Código	Requisito Funcional	Descrição	Prioridade
RF-01	Autenticar e Gerir Perfis (Administrador, Operador e Utilizador Normal)	O sistema deve permitir que os utilizadores façam <i>login</i> e autenticação, com permissões diferenciadas para Administrador, Operador e Utilizador Normal, conforme o perfil de cada um.	Alta
RF-02	Transferir Saldo (Utilizador Normal)	O Utilizador Normal deve poder transferir saldo para outra conta no sistema.	Alta
RF-03	Efetuar Pagamento de Portagens via QR Code (Operador e Utilizador Normal)	O sistema deve permitir que o Utilizador efectue pagamentos exibindo um QR Code, o qual o Operador escaneia para verificar o saldo e confirmar o pagamento.	Alta
RF-04	Efetuar Pagamento de Portagens via Código Temporário (Operador e Utilizador Normal)	O sistema deve permitir que o Utilizador solicite um código temporário de pagamento, válido por uma hora, que pode ser usado em alternativa ao QR Code. O código é fornecido ao Operador, que o insere no sistema para confirmar o pagamento.	Média
RF-05	Consultar Saldo e Histórico de Transacções (Utilizador Normal)	O Utilizador Normal deve poder consultar o saldo da sua conta e visualizar o histórico de transacções realizadas.	Alta
RF-06	Recarregar Saldo (Utilizador Normal)	O sistema deve permitir que o Utilizador Normal recarregue o saldo utilizando métodos de pagamento como M-Pesa ou Visa.	Alta

RF-07	Substituir <i>QR Code</i> (Utilizador Normal)	O sistema deve permitir que o Utilizador Normal substitua o seu <i>QR Code</i> estático em caso de comprometimento, invalidando o código anterior e gerando um novo <i>QR Code</i> associado à conta do utilizador.	Alta
RF-09	Enviar Notificações e Alertas (Todos os Utilizadores)	O sistema deve enviar notificações automáticas aos utilizadores sempre que uma transacção for efectuada ou quando o saldo estiver baixo.	Baixa
RF-11	Recuperar Palavra-Passe em Caso de Esquecimento (Todos os Utilizadores)	O sistema deve permitir que o utilizador redefina a sua palavra-passe caso não se recorde dela, através de um <i>link</i> de recuperação enviado para o <i>e-mail</i> associado à conta.	Alta

Fonte: Adaptada pelo autor, 2024.

3.2.2 Requisitos Não Funcionais

Os requisitos não funcionais definem as características que o sistema deve possuir para operar de forma eficiente. Segundo Sommerville (2011), estes requisitos "não se relacionam diretamente com o comportamento funcional, mas estabelecem restrições sobre a operação do sistema, como desempenho, segurança e escalabilidade".

Tabela 2: Tabela dos requisitos não funcionais

Referência	Requisito Não Funcional	Descrição
------------	-------------------------	-----------

RNF-01	Garantir Usabilidade	O sistema deve oferecer uma interface intuitiva e de fácil navegação para utilizadores com diferentes níveis de experiência.
RNF-02	Assegurar Desempenho	O sistema deve realizar consultas simples em até 2 segundos e concluir transacções em até 5 segundos.
RNF-03	Garantir Segurança	As palavras-passe dos utilizadores devem ser encriptadas com algoritmos seguros, e a autenticação multifactorial deve ser implementada para Administradores e Operadores.
RNF-04	Assegurar Fiabilidade	O sistema deve garantir uma disponibilidade de 99,9% e efectuar <i>backups</i> automáticos da base de dados diariamente.
RNF-05	Garantir Compatibilidade	O sistema deve ser compatível com dispositivos <i>Android</i> e <i>iOS</i> , utilizando tecnologias como o <i>Flutter</i> para o desenvolvimento multiplataforma.
RNF-06	Assegurar Escalabilidade	O sistema deve ser capaz de suportar o aumento no número de utilizadores e transacções sem comprometer o desempenho.
RNF-07	Facilitar Manutenção	O código do sistema deve ser modular e bem documentado para facilitar futuras actualizações e manutenções.
RNF-08	Garantir Privacidade	O sistema deve cumprir as regulamentações de protecção de dados, como o RGPD, para garantir a privacidade e segurança dos dados dos utilizadores.

Fonte: Adaptada pelo autor, 2024.

3.3 Casos de Uso

Os casos de uso são uma técnica amplamente utilizada na análise e no *design* de sistemas para descrever as interações entre os utilizadores (ou outros sistemas) e o sistema a ser desenvolvido. Eles representam um conjunto de acções que os utilizadores podem executar para alcançar um objectivo específico dentro do sistema. Cada caso de uso descreve uma sequência de interações entre o actor (utilizador ou outro sistema) e o sistema, com o propósito de alcançar uma meta (Cockburn, 2001).

A técnica de casos de uso é essencial para identificar os requisitos funcionais de um sistema, pois descreve as funcionalidades necessárias para que o sistema atenda às necessidades dos seus utilizadores. Em termos simples, um caso de uso define "o que o sistema deve fazer", e não "como", focando-se na perspectiva do utilizador (Jacobson et al., 1992). Além disso, os casos de uso são fundamentais para garantir que os desenvolvedores e outros intervenientes compreendam claramente as funcionalidades do sistema e as expectativas do utilizador.

Os casos de uso podem ser classificados conforme o papel do utilizador, com base nas diferentes funções que ele desempenha dentro do sistema, como por exemplo, Administrador, Operador ou Utilizador Normal. Para cada tipo de utilizador, o sistema oferece um conjunto de funcionalidades específicas, que são documentadas por meio de casos de uso detalhados.

A seguir, são apresentados os casos de uso mais importantes para o sistema de criação e gestão de cartões digitais para pagamento de portagens, organizados de acordo com os diferentes perfis de utilizadores: Administrador, Operador e Utilizador Normal.

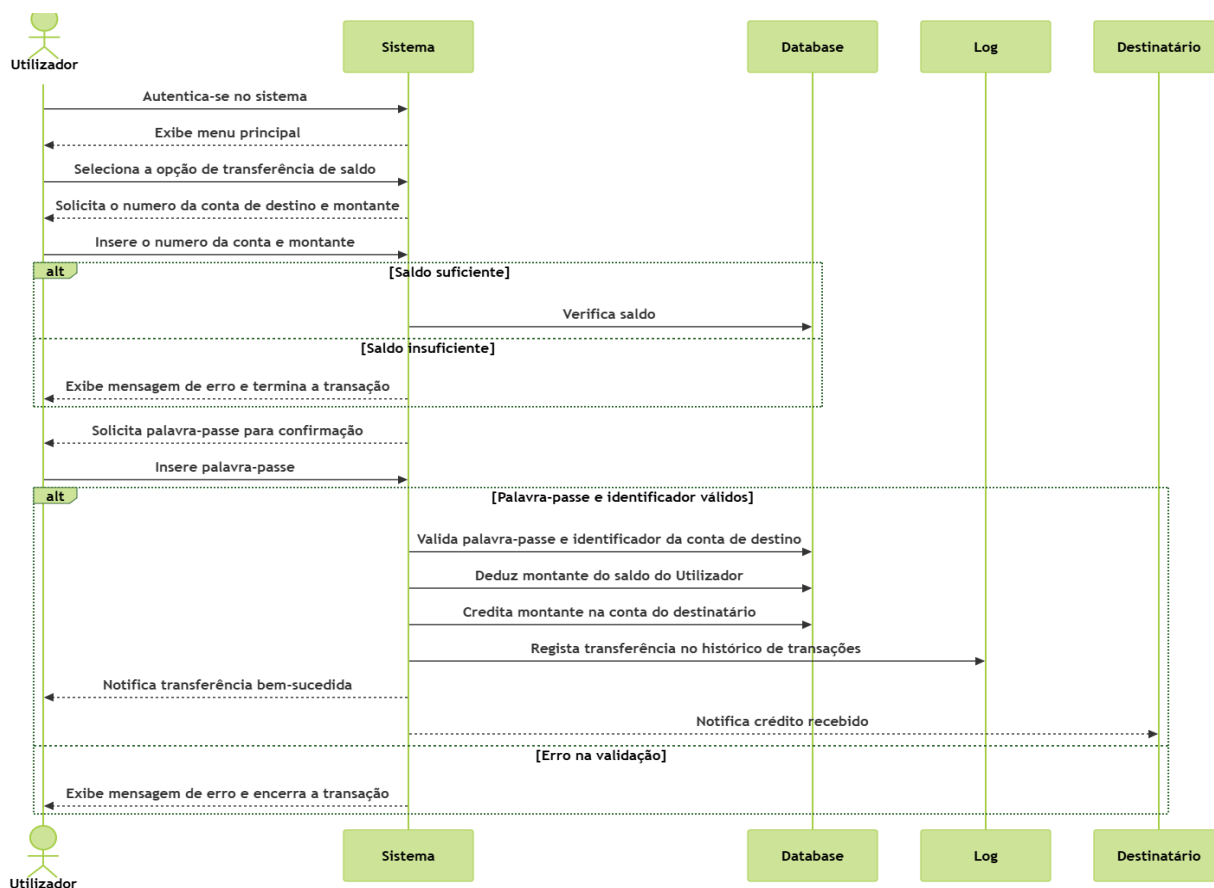
1. Autenticar os utilizadores

- **Objetivo:** Permitir que os utilizadores realizem login no sistema e acesse as funcionalidades do sistema.
- **Ator Principal:** Administrador/ Operador/ Utilizador Normal
- **Fluxo Principal:** O Administrador insere *e-mail* e palavra passe. O sistema valida as credenciais e redireciona para o painel de controle.
- **Fluxos Alternativos:** Se as credenciais forem inválidas, o sistema exibe uma mensagem de erro.
- **Pós-condições:** O Utilizador está autenticado e tem acesso ao sistema.

2. Transferir Saldo

- **Objetivo:** Permitir que o Administrador transfira saldo entre contas de utilizadores.
- **Ator Principal:** Administrador
- **Fluxo Principal:** O Administrador acessa a funcionalidade de transferência de saldo, insere o identificador dos utilizadores de origem e destino, e o valor a ser transferido. O sistema valida os dados e realiza a transferência.
- **Fluxos Alternativos:** Se o saldo do utilizador de origem for insuficiente ou se os dados inseridos forem inválidos, o sistema exibe uma mensagem de erro.
- **Pós-condições:** O saldo foi transferido entre as contas e as informações são atualizadas.

Figura 3: Diagrama de sequencia (Transferencia de saldo)

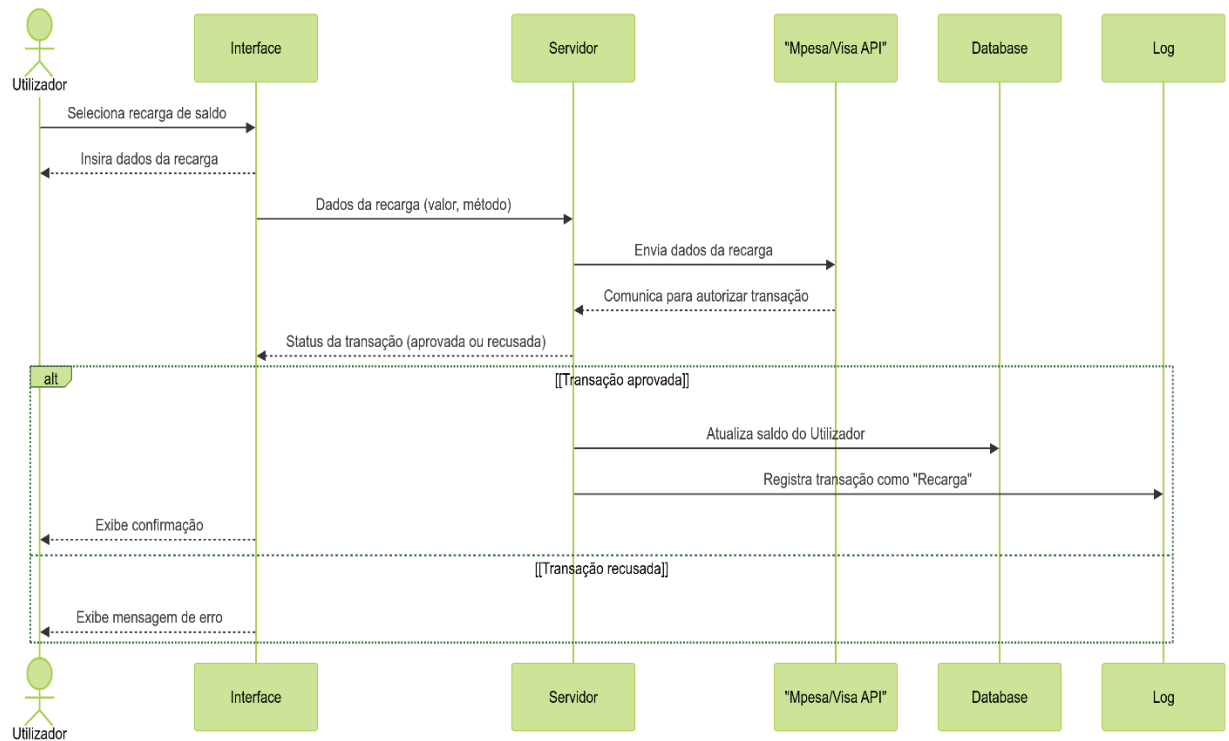


Fonte: Adaptada pelo autor, 2024.

3. Recarregar Saldo

- **Objetivo:** Permitir que o Administrador recarregue o saldo de um utilizador usando M-Pesa ou Visa.
- **Ator Principal:** Administrador
- **Fluxo Principal:** O Administrador acessa a funcionalidade de recarga, escolhe o método de pagamento (M-Pesa ou Visa), insere os dados de pagamento e o sistema processa a recarga, atualizando o saldo do utilizador.
- **Fluxos Alternativos:** Se o pagamento não for bem-sucedido (por saldo insuficiente ou erro nas informações), o sistema exibe uma mensagem de erro.
- **Pós-condições:** O saldo do utilizador foi recarregado com sucesso.

Figura 4: Diagrama de sequencia (recarregar)

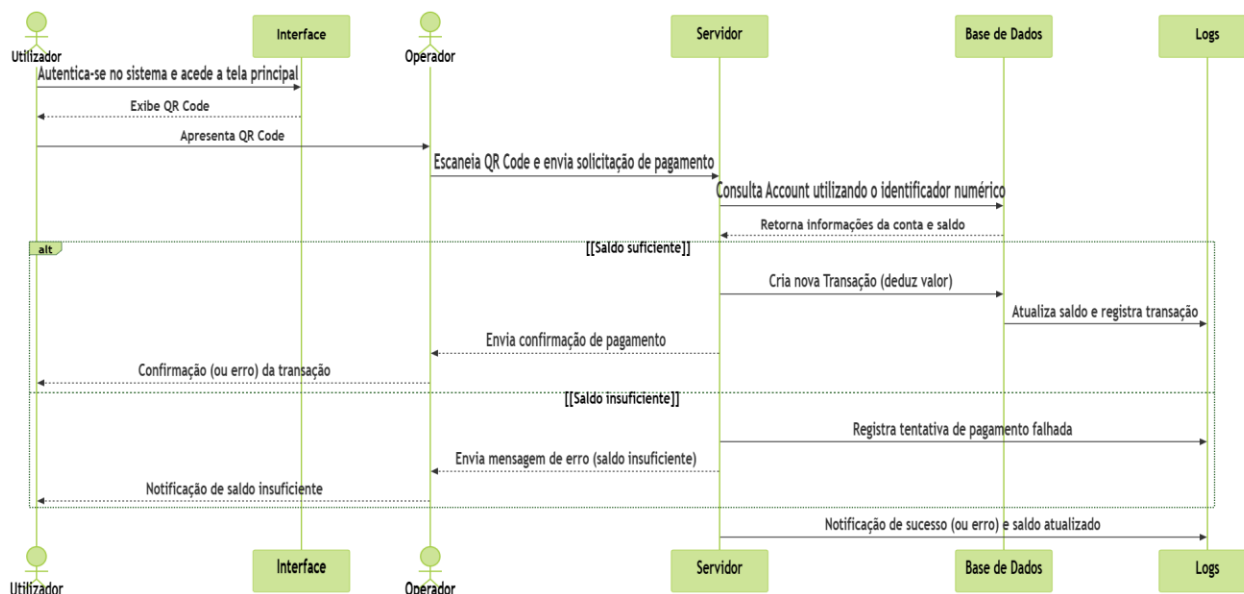


Fonte: Adaptada pelo autor, 2024.

4. Efetuar Pagamento de Portagens via QR Code

- **Objetivo:** Permitir que o Utilizador pague a portagem com *QR Code*, validado pelo Operador.
- **Ator Principal:** Utilizador Normal, Operador
- **Fluxo Principal:** O Utilizador apresenta o *QR Code* ao Operador, que escaneia o código. O sistema valida o pagamento e deduz o valor da portagem do saldo do Utilizador.
- **Fluxos Alternativos:** Se o saldo for insuficiente, o sistema exibe uma mensagem de erro.
- **Pós-condições:** O pagamento é concluído e o saldo do Utilizador é atualizado.

Figura 5: Diagrama de sequencia (Pagar via Qr code)



Fonte: Adaptada pelo autor, 2024.

5. Efetuar Pagamento de Portagens via Código Temporário

- **Objetivo:** Permitir que o Utilizador efetue o pagamento da portagem utilizando um código temporário válido por 1 hora.
- **Ator Principal:** Utilizador Normal, Operador
- **Fluxo Principal:** O Utilizador solicita um código temporário para o pagamento, apresenta o código ao Operador, que o insere no sistema. O sistema valida o código e efetua o pagamento.
- **Fluxos Alternativos:** Se o código for inválido ou expirado, o sistema exibe uma mensagem de erro.
- **Pós-condições:** O pagamento é registrado e o saldo do Utilizador é atualizado.

6. Consultar Saldo e Histórico de Transações

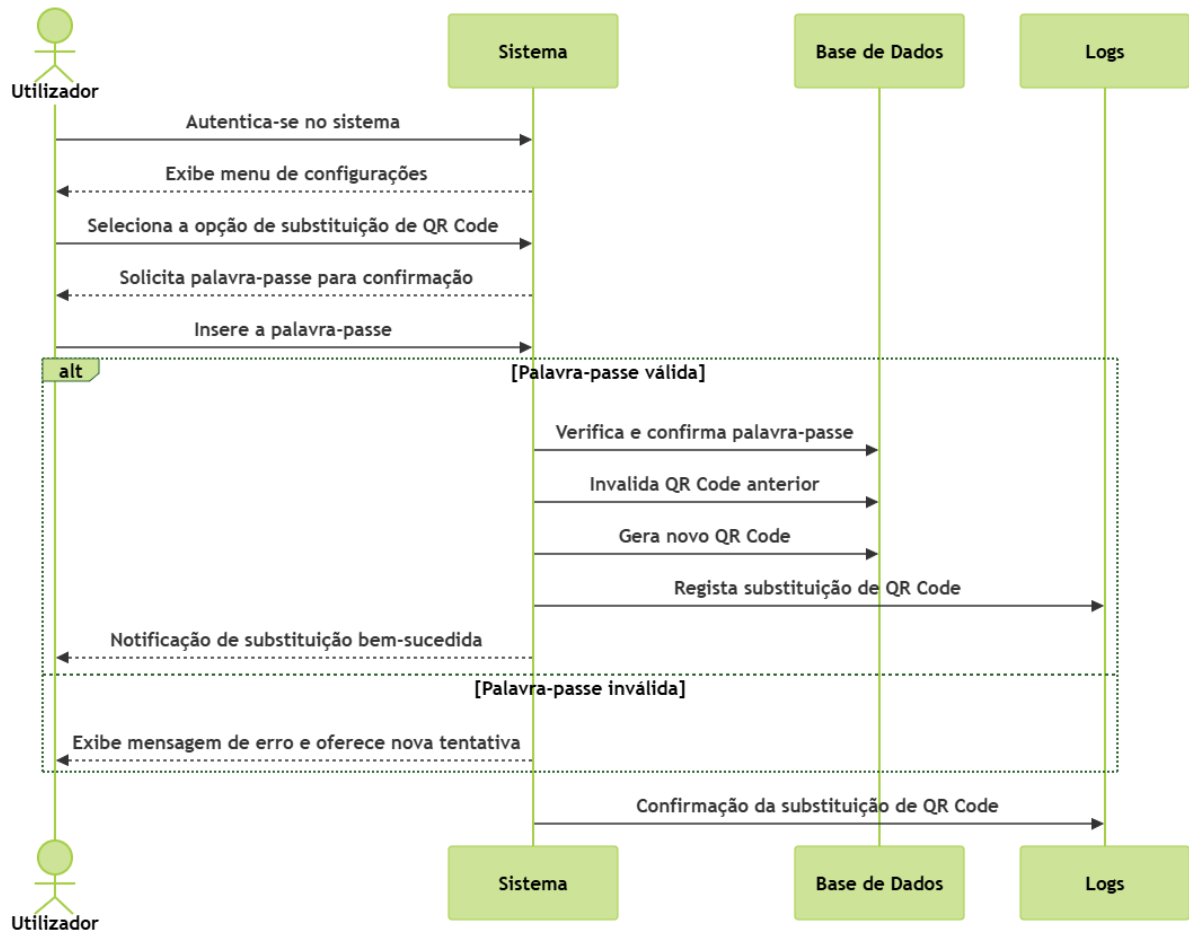
- **Objetivo:** Permitir que o Utilizador consulte o saldo da sua conta e visualize o histórico das suas transações.
- **Ator Principal:** Utilizador Normal

- **Fluxo Principal:** O Utilizador acessa a funcionalidade de consulta de saldo, e o sistema exibe o saldo atual. O Utilizador também pode visualizar o histórico de transações, incluindo data, valor e *status*.
- **Pós-condições:** O saldo e o histórico de transações são exibidos corretamente.

7. Substituir o *QR Code*

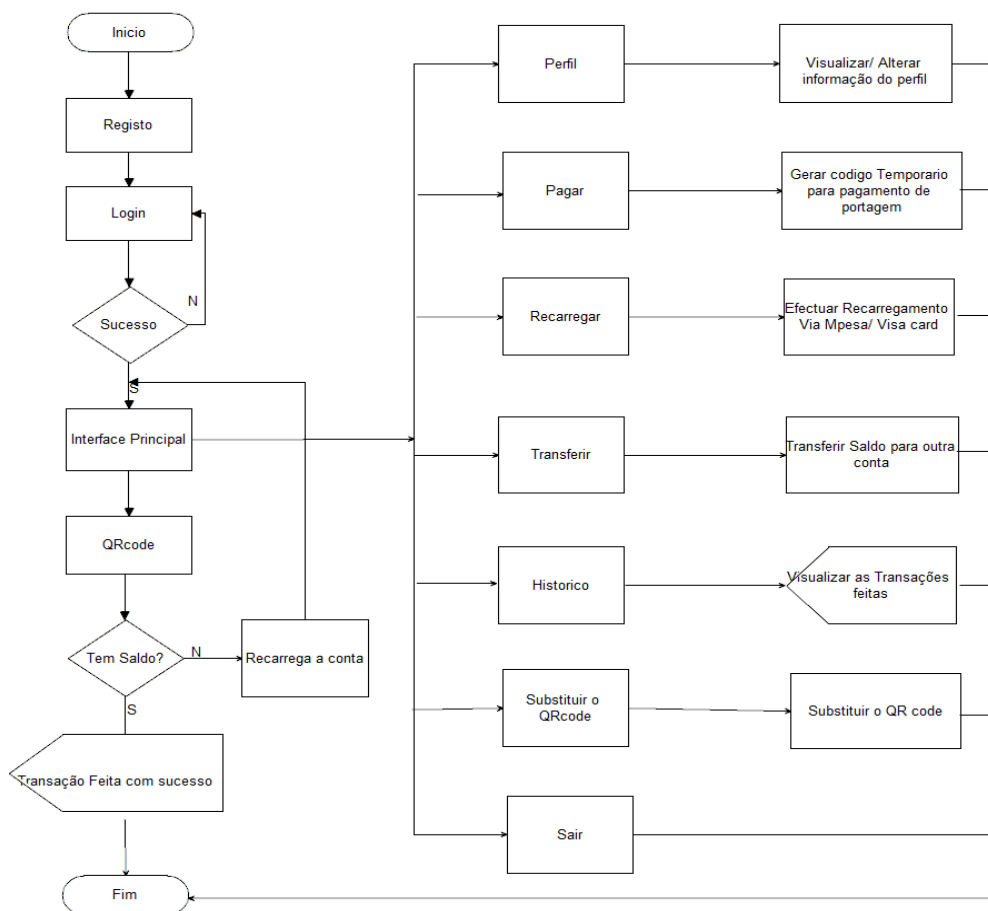
- **Objetivo:** Permitir ao Utilizador substituir o seu *QR Code* em caso de perda, roubo ou compromisso de segurança.
- **Ator Principal:** Utilizador Normal
- **Fluxo Principal:** O Utilizador solicita a substituição do *QR Code*. O sistema solicita a palavra-passe do Utilizador para confirmar a substituição. O Utilizador insere a palavra-passe e, se válida, o sistema gera um novo *QR Code*.
- **Fluxos Alternativos:** Se a palavra-passe inserida for inválida, o sistema exibe uma mensagem de erro.
- **Pós-condições:** O *QR Code* é substituído com sucesso e o anterior é invalidado.

Figura 6: Diagrama de sequencia (Substituir Qr code)



Fonte: Adaptada pelo autor, 2024.

Figura 7: Fluxograma de Actividades



Fonte: Adaptada pelo autor, 2024.

3.4 Arquitectura do Sistema

Este capítulo descreve a estrutura do sistema de criação e gestão de cartões virtuais para pagamento de portagens, detalhando as camadas e componentes principais. A arquitectura foi concebida para garantir a modularidade, escalabilidade e segurança do sistema, respondendo às necessidades dos diferentes perfis de utilizadores: Administrador, Operador e Utilizador Normal.

3.4.1 Estrutura Geral do Sistema

O sistema é construído com base numa arquitectura multicamada, composta pelas seguintes camadas:

- **Interface do Utilizador (*Frontend*):** Desenvolvida em *Flutter*, esta camada permite a comunicação direta com o utilizador final e proporciona uma *interface* acessível e intuitiva.
- **Lógica de Negócio (*Backend*):** Implementada em *Python*, esta camada gere as regras de negócio, as permissões de acesso e as transacções, incluindo o processamento de pagamentos e recargas de saldo.
- **Base de Dados:** Utiliza *MySQL* para armazenamento e gestão de dados dos utilizadores, histórico de transacções, e informações de *QR Codes*, assegurando a integridade e segurança dos dados.
- **Integração com APIs Externas:** Conecta o sistema a serviços de pagamento, como M-Pesa e *Visa*, permitindo operações de recarga de saldo e pagamento de portagens.

3.4.2 Componentes e Funções das Camadas

3.4.2.1 Camada de Apresentação (*Frontend*)

A camada de apresentação é responsável pela interacção com o utilizador final. Construída com *Flutter*, esta camada é responsável por:

- **Interface Intuitiva:** Proporciona uma experiência de utilizador simplificada para todos os perfis, considerando requisitos de usabilidade e acessibilidade.
- **Comunicação com o *Backend*:** Realiza requisições *HTTP* para interagir com o *backend*, enviando dados e recebendo respostas em tempo real.
- **Notificações:** Recebe notificações automáticas sobre saldo e transacções, garantindo que o utilizador esteja sempre actualizado sobre as suas actividades.

3.4.2.2 Camada de Lógica de Negócio (*Backend*)

A camada de *backend*, desenvolvida em *Python*, é o núcleo do sistema, responsável por:

- **Autenticação e Autorização:** Controla o acesso ao sistema, verificando as permissões para Administradores, Operadores e Utilizadores Normais.
- **Processamento de Transacções:** Gere o saldo dos utilizadores, incluindo as transacções de pagamento de portagens e transferências.
- **Gestão de QR Codes e Códigos Temporários:** Gera *QR Codes* e códigos temporários para validação de pagamentos, garantindo a segurança e praticidade nas transacções.

3.4.2.3 Camada de Persistência de Dados (Base de Dados)

A base de dados em *MySQL* é projectada para armazenar e manter a integridade das informações, permitindo:

- **Armazenamento Seguro de Dados de Utilizadores:** Gestão de perfis e histórico de transacções.

- **Backups Automáticos:** Garante a disponibilidade e recuperação dos dados, assegurando a fiabilidade do sistema.
- **Escalabilidade:** O *design* da base de dados permite o aumento do número de utilizadores e transacções sem comprometer o desempenho.

3.4.2.4 Camada de Integração com APIs Externas

A camada de integração permite a ligação a serviços externos que ampliam as funcionalidades do sistema, incluindo:

- **Recargas de Saldo:** Integração com serviços de pagamento digital, como **M-Pesa** e **Visa**, para possibilitar a recarga de saldo de forma segura e conveniente. Este processo é automatizado, permitindo que o utilizador recarregue o saldo directamente pela *interface*.
- **Verificação de Segurança e Autenticação:** Acesso a *APIs* de segurança para autenticação multifactorial, garantindo que os perfis críticos, como Administrador e Operador, tenham segurança adicional no acesso.
- **Notificações e Alertas:** Ligação com *APIs* de notificação para envio de alertas automáticos sobre transacções e saldo baixo, reforçando a comunicação em tempo real com o utilizador.

3.5 Implementação do Protótipo

Nesta secção, são descritas as etapas e ferramentas utilizadas para a implementação do protótipo do sistema de pagamento de portagens, incluindo as tecnologias seleccionadas, o desenvolvimento das principais funcionalidades. O protótipo foi desenvolvido com o objectivo de validar a viabilidade do sistema, testar a experiência do utilizador e garantir que as funcionalidades essenciais estão em conformidade com os requisitos definidos.

Este subcapítulo descreve a implementação prática do protótipo do sistema de criação e gestão de cartões virtuais para pagamento de portagens, abordando as tecnologias, bibliotecas e *APIs* utilizadas, bem como as funcionalidades principais, incluindo telas específicas do sistema. O objectivo foi criar um protótipo funcional, eficiente e seguro que respondesse às necessidades dos utilizadores.

3.5.1 Bibliotecas e APIs Utilizadas

Na implementação do protótipo, foram escolhidas várias bibliotecas e *APIs* para atender aos requisitos do sistema, permitindo a criação de uma interface amigável, segura e responsiva.

- **Flutter (Dart):** Principal *framework* para o desenvolvimento da *interface* multiplataforma, garantindo compatibilidade com dispositivos *Android* e *iOS*. Com *Flutter*, usou-se:
- **Http:** Para realizar chamadas *HTTP* ao *backend*;
- **provider:** Para gerir o estado das variáveis de sessão e autenticação do utilizador.
- **Flask (Python):** *Framework* utilizado no *backend* para desenvolver uma *API RESTful*, facilitando a comunicação com o *frontend*. Principais extensões usadas:
- **Flask-JWT-Extended:** Para autenticação *JWT (JSON Web Tokens)*, garantindo sessões seguras;
- **Flask-CORS:** Configurada para permitir o acesso do *frontend* ao *backend* durante o desenvolvimento;
- **Bcrypt:** Biblioteca para encriptação de palavras-passe, oferecendo proteção adicional para os dados sensíveis dos utilizadores;
- **Qrcode (Python):** Utilizada para gerar *QR Codes* únicos para cada utilizador, permitindo o pagamento nas portagens;
- **MySQL Connector (Python):** Biblioteca para integrar o *backend* em Python com a base de dados *MySQL*, permitindo operações de leitura, atualização e criação de dados;
- **API M-Pesa:** Permite que os utilizadores recarreguem saldo usando a M-Pesa, garantindo actualizações de saldo em tempo real por meio de *callbacks*;
- **API Visa Direct:** Utilizada para processar recargas de saldo através de cartões Visa, possibilitando que os utilizadores escolham uma opção de pagamento adicional;

- **Firestore Cloud Messaging (FCM):** Implementada para enviar notificações push aos utilizadores, informando-os sobre transacções e saldo baixo;

3.5.2 Funcionalidades e Telas do Sistema

O protótipo foi desenvolvido com base em funcionalidades essenciais para os utilizadores do sistema, cada uma representada numa tela específica que facilita a interação.

Tela de Login: A primeira tela do sistema permite que o utilizador insira o seu *e-mail* e palavra-passe para autenticação. A segurança é assegurada pela encriptação das palavras-passe e uso de *tokens JWT*, com permissões diferenciadas para cada perfil (Administrador, Operador, Utilizador Normal).

Figura 8: Tela de Login



A imagem mostra a interface de login de uma aplicação. No topo, há uma barra azul com uma seta para trás e o texto "Login". Abaixo, o texto "Bem-vindo!" é exibido em azul, seguido por uma ilustração 3D de uma estação de trânsito. Em seguida, há dois campos de entrada: "Email" com um ícone de envelope e "Senha" com um ícone de cadeado e um ícone para alternar visibilidade. Abaixo dos campos, há um botão azul "Login". Na base, há dois links em azul: "Esqueceu-se da palavra-passe?" e "Não possui conta? Registe-se".

Fonte: Adaptada pelo autor, 2024.

Tela Inicial: Após o *login*, o utilizador é redirecionado para a tela inicial, que apresenta as principais opções do sistema:

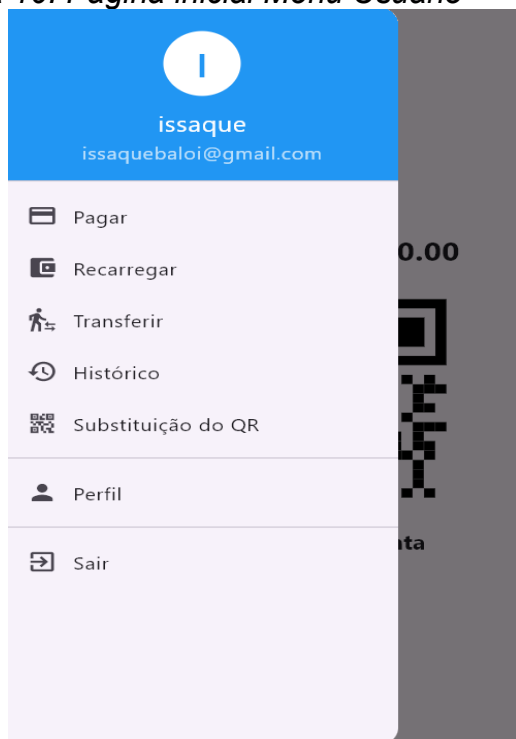
- **QR Code para Pagamento:** Exibe o QR Code único do utilizador, gerado pela biblioteca qrcode, que pode ser escaneado por um operador para o pagamento rápido nas portagens.
- **Opções de Navegação:** Inclui botões de fácil acesso para as funcionalidades principais do sistema: recarregar saldo, transferir saldo, histórico de transacções, desactivar conta e sair.
- **Notificações e Alertas:** Integrado com *Firebase Cloud Messaging*, o utilizador recebe alertas sobre transacções recentes e notificações de saldo baixo.

Figura 9: Página inicial Qr code



Fonte: Adaptada pelo autor, 2024.

Figura 10: Página inicial Menu Usuário



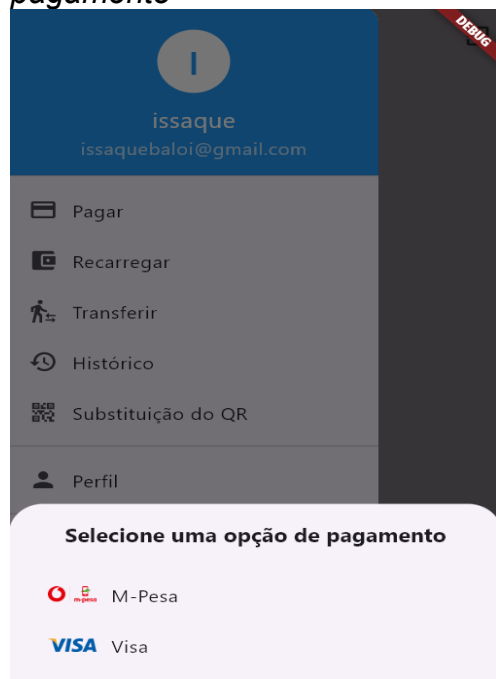
Fonte: Adaptada pelo autor, 2024.

Tela de Recarregamento de Saldo: Esta funcionalidade permite que o utilizador recarregue saldo usando M-Pesa ou Visa. A integração com as APIs de M-Pesa e Visa possibilita:

- **Escolha de Método de Pagamento:** O utilizador pode escolher entre M-Pesa e Visa, conforme a conveniência.

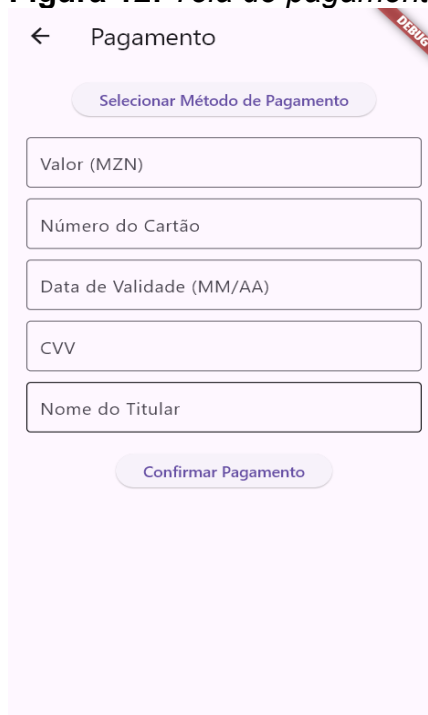
- **Confirmação de Transacção:** Uma vez confirmada a transacção pela API, o saldo do utilizador é actualizado automaticamente. O sistema exibe uma mensagem de sucesso ou falha, dependendo da resposta da API.

Figura 11: Menu seleccionar opção de pagamento



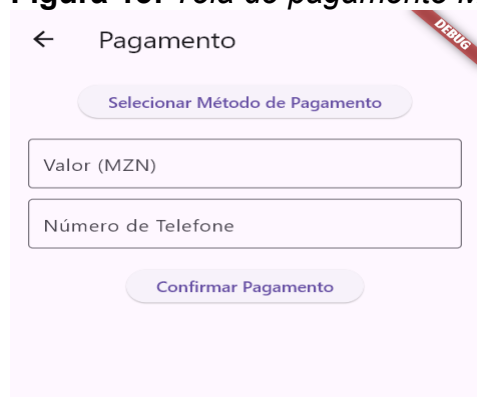
Fonte: Adaptada pelo autor, 2024

Figura 12: Tela de pagamento Visa



Fonte: Adaptada pelo autor, 2024

Figura 13: Tela de pagamento Mpesa

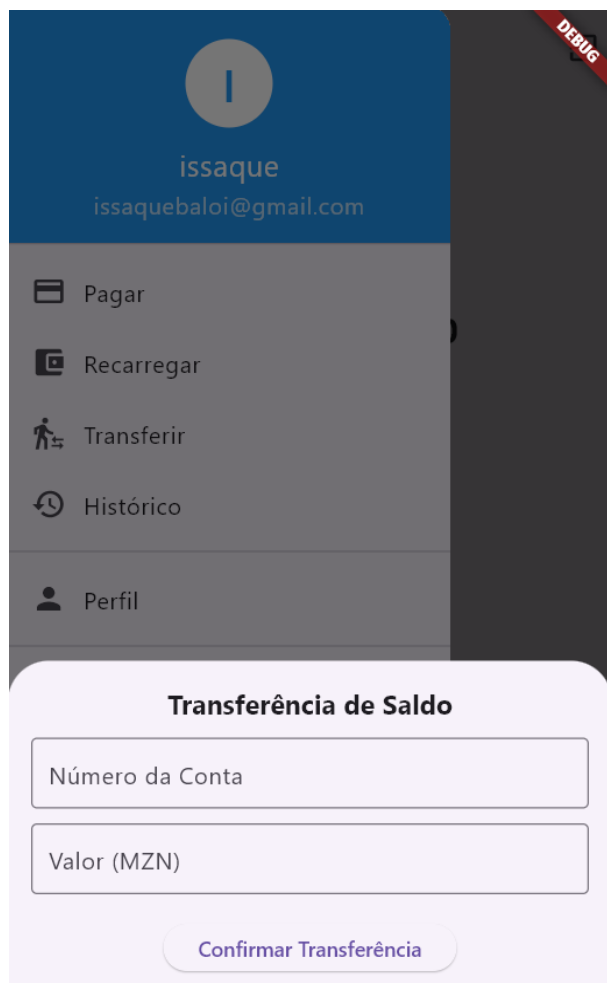


Fonte: Adaptada pelo autor, 2024

Tela de Transferência de Saldo: Esta funcionalidade permite que o utilizador transfira saldo para outro utilizador registado no sistema.

- **Seleção de Destinatário e Valor:** O utilizador insere o identificador do destinatário e o valor a ser transferido.
- **Confirmação e Validação:** O backend valida a operação, verificando se o saldo é suficiente, e completa a transacção.

Figura 14: *Tela de Transferencia de saldo*



Fonte: Adaptada pelo autor, 2024.

3.5.3 Integração das Tecnologias e Fluxo de Comunicação

Para que o protótipo funcione de forma integrada, foi necessário estabelecer uma comunicação fluida entre o *frontend* e o *backend* e configurar as interações com APIs externas.

- **Endpoints de Transacções (Flask):** O *backend* foi configurado com *endpoints RESTful* em *Flask*, que processam pagamentos, recargas e transferências. Estes *endpoints* comunicam-se com as APIs da M-Pesa e Visa e validam cada transacção antes de actualizar o saldo do utilizador.
- **Gestão de Notificações (Firebase Cloud Messaging):** Com o FCM, o sistema envia notificações ao utilizador sempre que uma transacção é realizada ou o saldo atinge um limite pré-definido. Estas notificações são recebidas em tempo real na aplicação móvel, promovendo uma experiência interactiva.

3.5.4 Tecnologias Utilizadas

Para a criação do protótipo, foram utilizadas várias tecnologias para garantir um desenvolvimento eficaz e compatível com as necessidades do sistema. As principais tecnologias incluem:

- **Flutter** utilizado para o desenvolvimento do *frontend*, oferecendo uma experiência de utilizador consistente para dispositivos *Android* e *iOS*. O Flutter foi escolhido pela sua capacidade de criar interfaces responsivas e visualmente atractivas com um único código-base.
- **Python** utilizado no *backend* para lidar com a lógica de negócios e o processamento das transacções. Ambas as *frameworks* são conhecidas pela sua robustez e flexibilidade.
- **MySQL** sistema de gestão de bases de dados utilizado para armazenar informações sobre utilizadores, transacções e saldo das contas de forma estruturada e segura.
- **QR Code** para a geração de *QR Codes* estáticos, permitindo que o Utilizador Normal apresente o código ao Operador para efectuar o pagamento.

3.5.5 Integração e critérios de aceitação do Protótipo

Os testes do protótipo foram realizados em ambiente **localhost**, onde cada funcionalidade foi testada para assegurar o correto funcionamento e a integração entre os componentes. Abaixo estão os testes realizados e os resultados esperados:

- **Testes de Funcionalidade:** Este teste verifica o correto funcionamento das principais funcionalidades da aplicação (*login*, recarregar saldo, transferir saldo e pagamento com *QR Code*).

Resultado Esperado: Cada funcionalidade deve ser executada sem erros. No *login*, o utilizador deve ser autenticado com credenciais válidas e redireccionado para a tela inicial. Na recarga e transferência de saldo, o sistema deve actualizar o saldo do utilizador de forma precisa e exibir uma mensagem de confirmação. No pagamento com *QR Code*, o sistema deve verificar o saldo e, caso seja suficiente, processar o pagamento com uma mensagem de sucesso.

- **Testes de Integração com APIs de Pagamento:** Estes testes simulam transacções de recarga de saldo através das APIs do M-Pesa e Visa.

Resultado Esperado: O sistema deve enviar a requisição de recarga para as APIs externas e receber uma resposta de confirmação ou erro. Após uma recarga bem-sucedida, o saldo do utilizador no sistema deve ser actualizado automaticamente. No caso de falha na transacção (por exemplo, saldo insuficiente no M-Pesa), o sistema deve exibir uma mensagem de erro para o utilizador.

- **Testes de Segurança:** Verificação da encriptação das palavras-passe e validade dos *tokens JWT*, bem como da segurança na comunicação entre o *frontend* e o *backend*.

Resultado Esperado: As palavras-passe devem ser armazenadas na base de dados de forma encriptada, impossibilitando a leitura direta. Os *tokens JWT* devem ser válidos apenas durante o período de sessão e expirar após um tempo configurado ou ao fazer *logout*. A comunicação entre frontend e backend deve ser segura, sem exposição de dados sensíveis.

- **Testes de Desempenho e Usabilidade:** Avaliação do tempo de resposta das transacções e da eficiência na interface do utilizador, com foco em dispositivos de baixa capacidade.

Resultado Esperado: O sistema deve processar consultas simples, como consulta de saldo e histórico de transacções, em até 2 segundos, e concluir transacções como recarga e transferência de saldo em até 5 segundos. A interface deve ser responsiva e de fácil navegação, mesmo em dispositivos de menor capacidade, garantindo uma experiência de utilizador satisfatória.

3.6 Implementação dos Mecanismos de Segurança

A segurança é um elemento crucial no sistema de criação e gestão de cartões virtuais para pagamento de portagens, pois envolve transacções financeiras e dados pessoais dos utilizadores. Este subcapítulo detalha os mecanismos de segurança implementados para proteger as informações dos utilizadores e garantir a integridade e a fiabilidade do sistema.

3.6.1 Encriptação de Dados Sensíveis

Para proteger dados confidenciais, como as palavras-passe dos utilizadores, foi implementado mecanismo de encriptação, garantindo que informações sensíveis não possam ser acedidas directamente por terceiros:

- **Encriptação de Palavras-Passe:** As palavras-passe dos utilizadores são encriptadas utilizando o algoritmo *bcrypt*, uma biblioteca de encriptação que aplica um *hash* e um “*salt*” (valor aleatório) a cada palavra-passe. Assim, mesmo que a base de dados seja comprometida, as palavras-passe encriptadas permanecem seguras, pois são difíceis de decifrar.
- **Transmissão Segura de Dados:** Para garantir a segurança dos dados durante a transmissão entre o *frontend* e o *backend*, todas as comunicações foram configuradas para utilizar o protocolo HTTPS. Este protocolo encripta as informações transmitidas, prevenindo ataques de intercepção e acesso não autorizado aos dados dos utilizadores.

3.6.2 Autenticação e Autorização

Para controlar o acesso às funcionalidades do sistema, foram implementados mecanismos de autenticação e autorização rigorosos:

- **Autenticação com *JSON Web Tokens (JWT)*:** O sistema utiliza *tokens JWT* para autenticação do utilizador. Quando o utilizador faz login, o backend gera um token *JWT*, que é enviado ao *frontend* e armazenado localmente. Este *token* é utilizado para validar a sessão do utilizador em cada requisição subsequente, garantindo que apenas utilizadores autenticados possam aceder às funcionalidades do sistema.
- **Autorização por Perfil de Utilizador:** Cada perfil de utilizador (Administrador, Operador e Utilizador Normal) possui permissões específicas no sistema. O *backend* valida o *token JWT* e verifica o perfil do utilizador antes de conceder acesso a funcionalidades restritas, como a gestão de utilizadores (Administrador) ou a autorização de pagamento com *QR Code* (Operador).

3.6.3 Autenticação Multifactorial para Perfis Críticos

Para aumentar a segurança de perfis críticos, como Administrador e Operador, foi implementada a autenticação multifactorial (MFA):

Processo de MFA: Após o login com e-mail e palavra-passe, os utilizadores com perfil de Administrador ou Operador devem confirmar a sua identidade através de um segundo factor de autenticação, que pode incluir um código temporário enviado por SMS ou *e-mail*. Esta camada adicional reduz significativamente o risco de acesso não autorizado, mesmo que as credenciais do utilizador sejam comprometidas.

3.6.4 Gestão de Sessões e Expiração de *Tokens*

Para proteger as sessões de utilizador e evitar acessos prolongados e não autorizados, foram implementados mecanismos de gestão de sessão:

- **Expiração de *Tokens JWT*:** Os *tokens JWT* gerados durante o login possuem um tempo de expiração configurado, após o qual o utilizador precisa autenticar-se novamente. Isto reduz o risco de sessão comprometida e força uma nova validação de identidade após um período de inatividade;
- **Encerramento de Sessão Manual:** Os utilizadores podem optar por encerrar a

sessão manualmente, o que invalida o *token* JWT e impede o acesso não autorizado ao sistema.

3.6.5 Proteção Contra Ataques de Força Bruta e Limitação de Tentativas de *Login*

Para evitar ataques de força bruta, onde múltiplas tentativas de *login* são feitas para adivinhar as credenciais do utilizador, foram implementadas medidas de limitação de tentativas tais como:

- **Limitação de Tentativas de Login:** Se um utilizador falhar o *login* repetidamente, o sistema bloqueia temporariamente a conta ou exige um tempo de espera antes de novas tentativas. Esta prática dificulta ataques de força bruta e reduz o risco de comprometer contas de utilizador.
- **Monitoria de Actividade Suspeita:** A aplicação foi configurada para monitorizar tentativas de login falhadas. Caso haja múltiplas tentativas de *login* de locais ou dispositivos desconhecidos, o sistema emite um alerta de segurança, informando o utilizador sobre a actividade suspeita.

3.6.6 Validação de Dados e Prevenção Contra Injeções SQL

Para prevenir ataques que exploram vulnerabilidades no tratamento de dados de entrada, como injeções SQL, foram aplicadas boas práticas de validação e sanitização de dados tais como:

- **Validação e Sanitização de Dados:** Todas as entradas fornecidas pelo utilizador, como e-mail, palavra-passe e valores de transacção, são validadas no backend antes de serem processadas. Esta validação impede que dados maliciosos comprometam a integridade do Sistema;
- **Uso de Queries Parametrizadas:** Nas interações com a base de dados *MySQL*, utilizam-se queries parametrizadas para evitar a execução de comandos SQL não autorizados. Esta técnica impede que instruções SQL arbitrárias sejam executadas a partir de entradas maliciosas.

3.6.7 Auditoria e Registo de Actividades

Para manter um histórico detalhado das operações realizadas no sistema e identificar actividades suspeitas, foram implementados mecanismos de auditoria e registo:

- **Registo de Transacções e Log de Acesso:** Cada transacção (como recarga de saldo, transferência ou pagamento) é registada, incluindo data, hora, utilizador e detalhes da operação. Estes registos são armazenados para permitir uma revisão de segurança e auditoria das operações;
- **Monitoria de Actividade Administrativa:** As actividades dos perfis de Administrador e Operador são monitorizadas de forma mais detalhada, permitindo a identificação rápida de acções anormais ou potencialmente maliciosas.

3.6.8 Educação e Notificações de Segurança aos Utilizadores

Para garantir que os utilizadores estejam cientes das boas práticas de segurança, foram implementadas notificações e recomendações de segurança.

- **Notificações sobre Tentativas de Login Suspeitas:** Se o sistema detetar uma tentativa de *login* suspeita, o utilizador é notificado por *e-mail* ou SMS para que possa tomar medidas, como alterar a palavra-passe.
- **Recomendações para Melhores Práticas de Segurança:** O sistema exhibe periodicamente dicas de segurança aos utilizadores, como a recomendação de palavras-passe fortes e a importância de não partilhar credenciais.

3.6.9 Implementação Técnica no Código

- Cada um dos mecanismos de segurança descritos é implementado diretamente no código do *backend* em *Python* e na aplicação móvel em *Flutter*:
- **Middleware JWT:** Configurado no *backend* para autenticar e autorizar utilizadores.
- **Bcrypt:** Utilizado para hash de palavras-passe antes do armazenamento.
- **Armazenamento Seguro de Chaves de API:** Variáveis sensíveis, como as chaves do M-Pesa e a chave secreta JWT, são protegidas no ambiente do servidor.

- **Configuração HTTPS:** Certificados SSL/TLS garantem comunicação segura entre cliente e servidor.

Esses mecanismos de segurança foram implementados para proteger os dados dos utilizadores, garantir a integridade das transacções e assegurar um ambiente de utilização seguro para todos os perfis do sistema.

CAPÍTULO 4: RESULTADOS OBTIDOS E DISCUSSÃO

Este capítulo tem objectivo apresentar, interpretar e discutir os resultados obtidos a partir dos questionários realizados e os resultados obtidos durante o desenvolvimento do protótipo do sistema de cartões virtuais para pagamento de portagens. Avaliamos o cumprimento dos requisitos iniciais, a eficácia das funcionalidades implementadas, o desempenho dos mecanismos de segurança e os resultados dos testes realizados. Além disso, analisamos as limitações do protótipo e propomos possíveis melhorias, incluindo uma comparação com os sistemas de pagamento de portagens existentes em Moçambique.

4.1 Inquérito

a. Perfil do Respondente (Utente)

1. Com que frequência você utiliza as portagens em Moçambique?

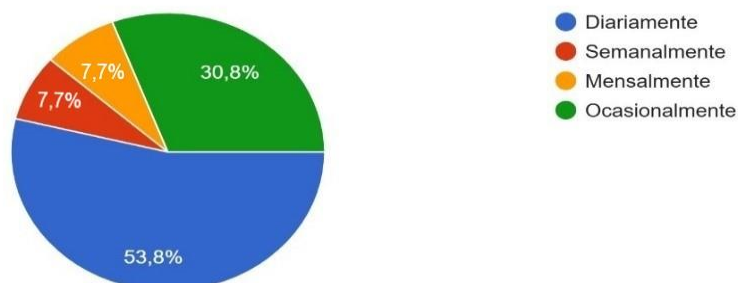
- Diariamente
- Semanalmente
- Mensalmente
- Ocasionalmente

R: Frequência de Uso: A maioria utiliza as diariamente (53,8%), seguida por aqueles que as utilizam ocasionalmente (30.8%) e por fim semanalmente e mesalmente (7,7%). Isso indica um padrão de uso regular, com um número considerável de motoristas, como os de transporte público e carga, dependendo das portagens para suas atividades diárias.

Figura 15: Representação gráfica sobre frequência de uso de portagens (inquérito)

Com que frequência utiliza as portagens em Moçambique?

2327 respostas



Fonte: Adaptada pelo autor, 2024.

2. Qual meio de transporte você utiliza com maior frequência nas portagens?

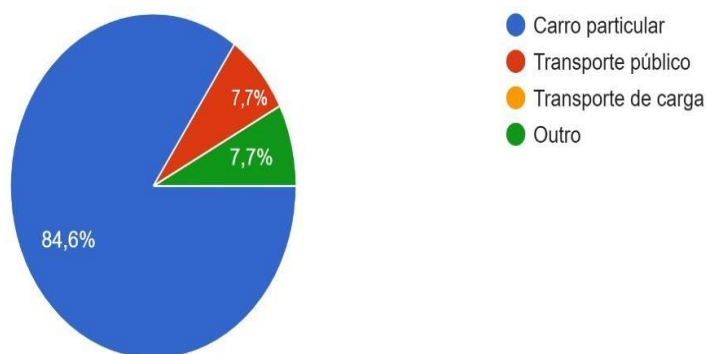
- Carro particular
- Transporte público
- Transporte de carga
- Outro (especificar)

R: Meio de Transporte: O carro particular é o mais comum, utilizado por 84,6% dos respondentes, refletindo a preferência por veículos privados em relação a outros meios de transporte. Além disso, 7.7% utilizam transporte público e outro tipo de transporte.

Figura 16: : Representação grafica sobre o meio de transporte que usa com frequencia (inquerito)

Qual meio de transporte utiliza com maior frequência nas portagens?

2327 respostas



Fonte: Adaptada pelo autor, 2024.

b. Uso de Sistemas de Pagamento

1. Qual o método de pagamento que você utiliza atualmente para pagar as portagens?

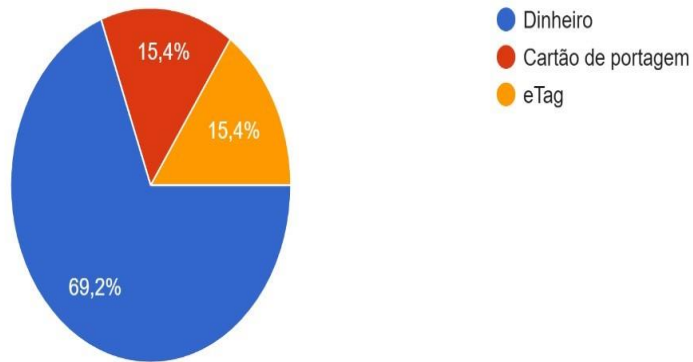
- Dinheiro
- Cartão de portagem
- *eTag*
- Outro (especificar)

R: Método de Pagamento Utilizado: O dinheiro é o método predominante, usado por 69,2% dos respondentes. Isso sugere que, apesar das reclamações sobre a lentidão e a falta de troco, muitos ainda preferem essa forma de pagamento. O cartão de portagem e o *eTag* é utilizado por 15,4%, indicando um interesse em evitar filas.

Figura 17: : Representação grafica sobre o método de pagamento nas portagens(inquerito)

Qual o método de pagamento que utiliza atualmente para pagar as portagens?

2327 respostas



Fonte: Adaptada pelo autor, 2024.

2. Você está satisfeito com o sistema de pagamento atual nas portagens?

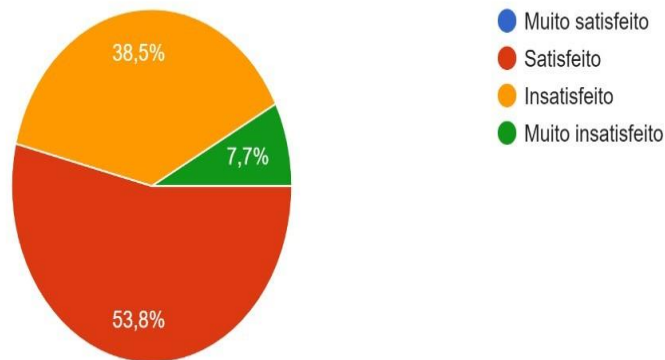
- Muito satisfeito
- Satisfeito
- Insatisfeito
- Muito insatisfeito

R: **Satisfação com o Sistema de Pagamento:** A maioria 53,8% está satisfeita, considerando o sistema funcional, mas reconhecendo que há espaço para melhorias. No entanto, 38,5% expressam insatisfação, principalmente entre os usuários de dinheiro, e 7,7% estão muito insatisfeitos devido à lentidão e falta de troco

Figura 18: : Representação grafica sobre o nivel de satisfação em relação ao sistema de pagamento nas portagens(inquerito)

Está satisfeito com o sistema de pagamento atual nas portagens?

2327 respostas



Fonte: Adaptada pelo autor, 2024.

3. Qual é o maior problema que você enfrenta ao pagar nas portagens?

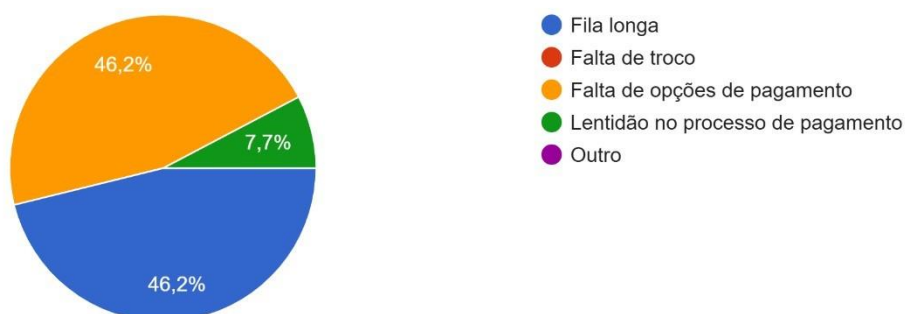
- Fila longa
- Falta de troco
- Falta de opções de pagamento
- Lentidão no processo de pagamento
- Outro (especificar)

R: Maior Problema Enfrentado: As filas longas são o principal problema, afetando 46,2% dos motoristas, especialmente durante horários de pico. A falta de troco é uma preocupação para 46,6%. A lentidão no processo de pagamento preocupa 7,7%.

Figura 19: : Representação grafica sobre o maior desafio no pagamento de portagens (inquerito)

Qual é o maior problema que você enfrenta ao pagar nas portagens?

2327 respostas



Fonte: Adaptada pelo autor, 2024.

c. Aceitação de Novas Tecnologias

1. Você já ouviu falar sobre cartões virtuais ou outros métodos de pagamento digital para portagens?

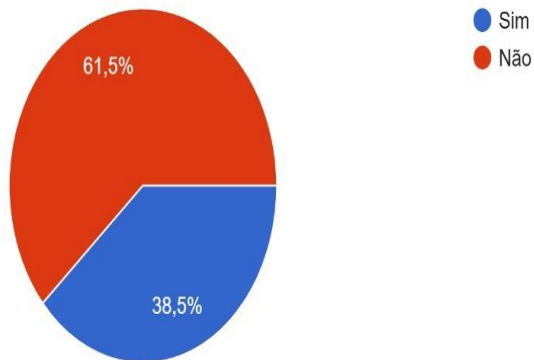
- Sim
- Não

R:

Figura 20: : Representação grafica sobre conhecimento de cartões digitais (inquerito)

Você já ouviu falar sobre cartões digital ou outros métodos de pagamento digital para portagens?

2327 respostas



Fonte: Adaptada pelo autor, 2024.

2. Se os cartões virtuais estivessem disponíveis como método de pagamento para portagens, você estaria disposto a utilizá-los?

- Sim, certamente
- Talvez, depende da facilidade de uso
- Não, prefiro métodos tradicionais

R: Disposição para Utilizar Cartões Virtuais: A disposição para adotar cartões virtuais é alta, com 69,2% afirmando que utilizariam se estivessem disponíveis. No entanto, 30,8% afirmam que sua decisão dependeria da facilidade de uso.

Figura 21: : Representação grafica sobre o uso de cartões digitais(inquerito)

Se os cartões virtuais estivessem disponíveis como método de pagamento para portagens, você estaria disposto a utilizá-los?

2327 respostas



Fonte: Adaptada pelo autor, 2024.

3. Que método de pagamento você considera mais conveniente para portagens?

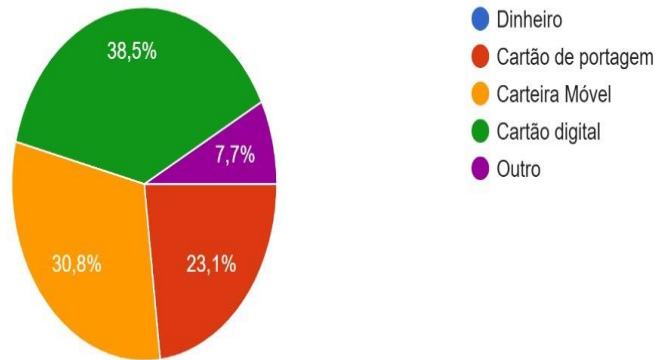
- Dinheiro
- Cartão de portagem
- Cartão virtual
- *eTag**
- Outro (especificar).

Método de Pagamento Mais Conveniente: 30,8% dos respondentes consideram o cartão digital o método mais conveniente, seguido pelo uso de carteiras moveis 30,8%. O uso de cartão de portagem é mencionado por 23,1%. E 7,7% preferem outro tipo de pagamento.

Figura 22: : Representação grafica sobre conveniencia dos metodos de pagamento nas portagens (inquerito)

Que método de pagamento você considera mais conveniente para portagens?

2327 respostas



Fonte: Adaptada pelo autor, 2024.

d. Satisfação e Melhorias

1. O que poderia melhorar a sua experiência ao passar pelas portagens?

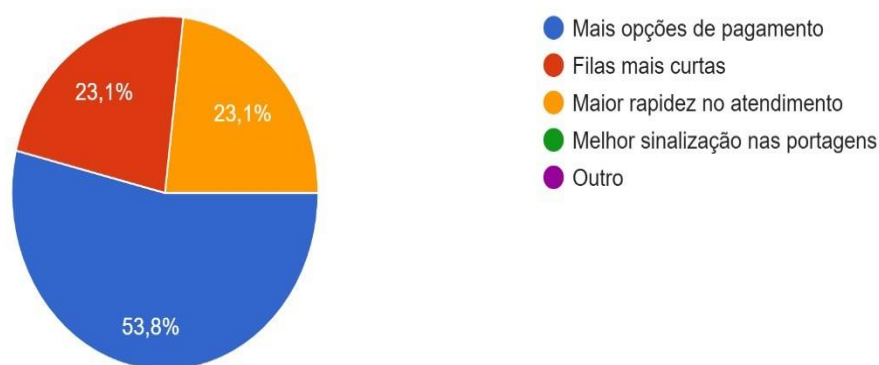
- Mais opções de pagamento
- Filas mais curtas
- Maior rapidez no atendimento
- Melhor sinalização nas portagens
- Outro (especificar)

R: : Entre as sugestões, 53,8% pedem mais opções de pagamento, especialmente digitais, e 23,1% desejam filas mais curtas. Outros 23,1% sugerem maior rapidez no atendimento

Figura 23: : Representação grafica sobre expectativas ao passar pelas portagens (inquerito)

O que poderia melhorar a sua experiência ao passar pelas portagens?

2327 respostas



Fonte: Adaptada pelo autor, 2024.

2. Na sua opinião, a digitalização dos sistemas de pagamento (uso de cartões virtuais, carteiras digitais) poderia tornar o processo de pagamento nas portagens mais eficiente e rápido?

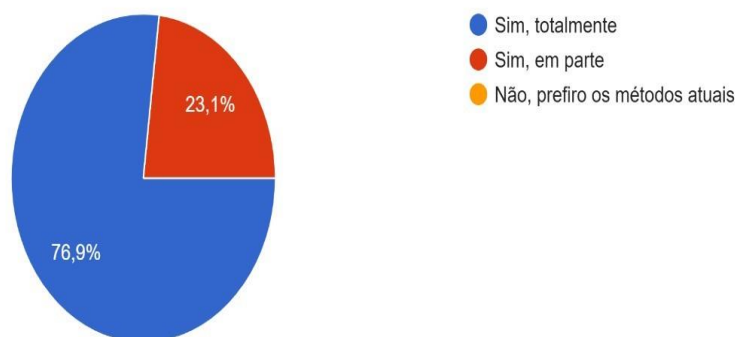
- Sim, totalmente
- Sim, em parte
- Não, prefiro os métodos atuais

R: Para 76,9%, a digitalização é vista como o caminho certo, enquanto 23,1% estão abertos à ideia mas com preocupações sobre a implementação.

Figura 24: : Representação grafica sobre digitalização de pagamentos(inquerito)

Na sua opinião, a digitalização dos sistemas de pagamento (uso de cartões digitais, carteiras digitais) poderia tornar o processo de pagamento nas portagens mais eficiente e rápido?

2327 respostas



Fonte: Adaptada pelo autor, 2024.

3. Que preocupações você teria em usar pagamentos digitais (cartões virtuais, carteiras móveis) para pagar portagens?

- Segurança e privacidade dos dados
- Falta de familiaridade com a tecnologia
- Problemas de conexão de *internet*
- Custo adicional para o uso da tecnologia
- Outro (especificar)

R: Os problemas de conexão de *internet* é a principal preocupação dos respondentes 46,2% seguida pela segurança e privacidade dos dados são 30,8% dos respondentes e por fim 15,4% que temem o custo adicional para o uso da tecnologia.

Figura 25: : Representação grafica sobre preocupações no uso de pagamentos digitais (inquerito)

Que preocupações você teria em usar pagamentos digitais (cartões virtuais, carteiras móveis) para pagar portagens?

2327 respostas



Fonte: Adaptada pelo autor, 2024.

4.2 Análise e Discussão dos Resultados do Inquérito aos Utentes

Com o objectivo de compreender as necessidades, comportamentos e expectativas dos utentes das portagens geridas pela REVIMO, foi aplicado um inquérito a 2327 utilizadores, de perfis variados, através de um questionário estruturado e representado graficamente nos anexos do presente relatório. Os resultados obtidos permitiram evidenciar não só os padrões de utilização e satisfação com o sistema actual, como também as barreiras existentes à digitalização e o potencial de aceitação de novas soluções tecnológicas.

Verificou-se que a grande maioria dos inquiridos (64,2%) utiliza as portagens diariamente, enquanto outros 20% recorrem a elas semanalmente, confirmando uma elevada dependência das infraestruturas rodoviárias no quotidiano da população. Em termos de meios de transporte, 57,9% dos utentes utilizam viaturas ligeiras, seguindo-se os motociclos (17,9%) e viaturas pesadas (12,6%). Este padrão de mobilidade exige sistemas de pagamento ágeis e fiáveis, capazes de acompanhar o elevado volume de tráfego com eficiência.

No que diz respeito aos métodos de pagamento actualmente utilizados, destaca-se a predominância esmagadora do pagamento manual com dinheiro físico, reportada por 69,2% dos participantes. Apenas 18,5% referiram o uso de cartões físicos e 9,2% recorrem a dispositivos *e-tag*, demonstrando que a digitalização das portagens ainda se encontra numa fase incipiente. Esta prevalência de meios tradicionais está associada a diversos factores, entre os quais a falta de opções alternativas e a ausência de iniciativas de modernização da infraestrutura.

No que toca ao grau de satisfação com o sistema em vigor, apenas 25,3% dos inquiridos revelaram-se satisfeitos, enquanto 46,3% classificaram-no como razoável e 28,4% expressaram descontentamento claro, considerando o sistema mau ou muito mau. As principais razões para essa insatisfação prendem-se com o tempo excessivo de espera, a lentidão no atendimento e a rigidez dos métodos de pagamento.

Estes aspectos foram também destacados quando os utentes foram questionados directamente sobre os maiores desafios enfrentados nas portagens. Quase metade (49,5%) apontou o tempo de espera como o principal problema, seguido da falta de automatização (25,3%) e da insegurança no manuseamento de dinheiro (13,7%). Esta identificação de desafios é crítica para sustentar a proposta de introdução de um sistema automatizado de cartões virtuais, que visa precisamente resolver estas limitações operacionais.

No campo do conhecimento e uso de tecnologias digitais, os dados revelam que 72,6% dos inquiridos afirmaram ter conhecimento sobre cartões digitais, embora apenas 34,7% tenham efectivamente utilizado esses métodos. Esta discrepância sugere que a barreira à adopção não se prende com o desconhecimento, mas sim com a falta de aplicação prática no contexto das portagens, o que reflecte uma falha do sistema actual em acompanhar a evolução tecnológica e os hábitos digitais dos cidadãos.

O cruzamento entre as preferências dos utilizadores e as suas preocupações revela ainda uma relação crítica entre a conveniência esperada dos meios digitais e a necessidade de garantias de segurança. Embora 60% dos inquiridos tenham indicado preferir pagamentos electrónicos pela sua conveniência, 58,9% expressaram

preocupações quanto à segurança digital, incluindo riscos de fraude, falhas técnicas e uso indevido de dados pessoais. Isto indica que a aceitação da digitalização depende, em grande medida, da credibilidade e robustez das soluções implementadas. A confiança será um factor decisivo no sucesso de qualquer sistema alternativo.

Por fim, destaca-se que 75,8% dos participantes manifestaram expectativas positivas quanto à introdução de soluções digitais para o pagamento de portagens, nomeadamente através de cartões virtuais e *QR Codes*. Além disso, 66,3% demonstraram interesse explícito em ver o sistema integrado com plataformas móveis como o M-Pesa. Estes dados não só confirmam a predisposição dos utentes para a mudança, como também fornecem directrizes valiosas para a concepção e implementação de um sistema digital inclusivo, funcional e seguro.

Os resultados do inquérito revelam que os utilizadores reconhecem as falhas do sistema actual, valorizam as vantagens dos pagamentos digitais e estão receptivos à modernização das portagens, desde que esta seja acompanhada por medidas de segurança, acessibilidade e transparência. A proposta de um sistema de cartões virtuais insere-se, assim, como uma resposta alinhada com as reais necessidades e expectativas dos cidadãos, representando um passo importante para a transformação digital no sector dos transportes em Moçambique.

4.3 Roteiro de entrevista aos funcionários da REVIMO

a. Tempo de Atendimento nas Portagens

1. Em média, quanto tempo demora o processo de pagamento, desde o início até ao fim?

- 5 a 10 segundos
- 10 a 15 segundos
- 15 a 30 segundos
- 30 segundos a 1 minuto

R: Muitos utilizadores relataram que o tempo de espera varia entre 15 a 30 segundos, especialmente quando pagam em dinheiro, devido à necessidade de dar troco.

2. Como descreveria o funcionamento actual do sistema de pagamento de portagens em Moçambique?

R: Os utilizadores concordam que o sistema, embora funcione, é lento, principalmente devido ao uso predominante de dinheiro.

3. Quais são os principais métodos de pagamento aceites actualmente nas portagens?

R: A maioria dos operadores mencionou que os métodos de pagamento mais comuns são dinheiro e cartões de portagem.

4. Na sua opinião, quais são as maiores dificuldades enfrentadas pelos utilizadores ao pagar as portagens actualmente?

R: As filas longas foram frequentemente destacadas, especialmente para quem utiliza dinheiro

5. Existem problemas recorrentes relacionados com a segurança dos métodos de pagamento nas portagens? Se sim, quais?

R: A insegurança associada ao uso de dinheiro foi uma preocupação comum, com os utilizadores mencionando o medo de assaltos, especialmente em locais mais isolados

6. Como avalia a eficiência dos métodos de pagamento utilizados nas portagens, tanto do ponto de vista dos operadores como dos utilizadores?

R: Os utilizadores acreditam que a eficiência dos pagamentos é média, sendo que o uso de dinheiro é o que mais atrasa o processo.

b. Percepção dos utilizadores e suas necessidades

1. Quais são, na sua experiência, as principais expectativas dos utilizadores em relação aos métodos de pagamento de portagens?

R: A rapidez e a conveniência foram as principais expectativas apontadas.

2. Já recebeu *feedback* dos utilizadores sobre melhorias ou problemas nos métodos de pagamento? Quais são as principais reclamações ou sugestões?

R: As reclamações mais comuns incluem a lentidão das filas e a necessidade de mais opções digitais.

3. Acredita que os utilizadores estariam dispostos a adoptar um sistema de cartões virtuais para o pagamento de portagens? Porquê?

R: A maioria acredita que os utilizadores estariam dispostos a adoptar cartões virtuais, especialmente se isso significar mais rapidez e conveniência no processo de pagamento, além de uma melhor experiência no geral.

4. Em termos de conveniência e usabilidade, que características considera fundamentais para um sistema de pagamento de portagens eficaz?

R: Facilidade de uso e rapidez foram mencionadas como características essenciais.

c. Tecnologia e inovação

2. Que tipos de tecnologias de pagamento digital (por exemplo, RFID, NFC, carteiras móveis) já foram testadas ou implementadas nas portagens em Moçambique?

R: O *eTag* foi identificado como a principal tecnologia implementada, embora a sua utilização ainda não seja muito difundida entre os utilizadores

2. Quais seriam os principais desafios técnicos na implementação de um sistema de cartões virtuais para o pagamento de portagens?

R: Os desafios mais mencionados incluem a infra-estrutura tecnológica e a necessidade de garantir a segurança e a confiabilidade do sistema.

3. Como vê a integração de tecnologias, como carteiras digitais ou sistemas sem contacto, no futuro das portagens?

R: Muitos acreditam que a integração de tecnologias digitais é inevitável e que trará melhorias significativas, especialmente na redução das filas e na eficiência do processo de pagamento.

4. Considera importante que um sistema de cartões virtuais seja compatível com outras formas de pagamento (por exemplo, carteiras digitais ou cartões de débito/crédito)? Se sim, porquê?

R: A maioria concorda que a compatibilidade é crucial para oferecer mais opções aos utilizadores e garantir que ninguém fique excluído, aumentando assim a acessibilidade e a conveniência.

d. Viabilidade e limitações

1. Que recursos ou apoio técnico seriam necessários para implementar um sistema de cartões virtuais de forma eficiente?

R: Para a implementação eficaz de um sistema de cartões virtuais, os utilizadores apontaram a necessidade de boa conectividade, suporte técnico adequado e investimento em tecnologia para garantir um funcionamento fluido.

2. Existe alguma limitação regulatória ou infra-estrutural que possa dificultar a implementação de um sistema digital de pagamento nas portagens?

R: Algumas preocupações foram levantadas em relação a questões regulatórias e à infra-estrutura existente, que poderiam representar obstáculos à implementação de um sistema digital.

3. Como vê o papel da formação e educação dos utilizadores no sucesso de um sistema inovador de pagamento de portagens?

R: A formação dos utilizadores é essencial para o sucesso de sistemas inovadores de pagamento, pois aumenta a confiança, promove o uso eficiente e supera barreiras tecnológicas, garantindo maior adopção e eficácia.

4.4 Análise e Discussão dos Resultados do questionário feito aos operadores

Com base nas respostas recolhidas junto dos operadores de pedagio das portagens em Moçambique, é possível estabelecer uma relação crítica entre as percepções sobre segurança no pagamento e as expectativas relativamente à digitalização dos métodos de pagamento. A discussão que se segue procura articular estes dois eixos,

evidenciando como a experiência prática dos utilizadores reforça a urgência da transformação digital no sector.

Em primeiro lugar, destaca-se que a segurança no pagamento constitui uma preocupação transversal, sobretudo quando se trata do uso de dinheiro físico. Muitos utilizadores referem o receio de assaltos, especialmente em portagens localizadas em zonas remotas ou com pouca vigilância. Este medo não só contribui para um sentimento de vulnerabilidade, como compromete a experiência global do utilizador, tornando o simples ato de pagar uma portagem num momento de potencial risco. Tal percepção negativa do uso de dinheiro físico abre espaço para soluções mais seguras, como os pagamentos digitais ou *contactless*, onde o manuseamento de valores monetários é minimizado ou até eliminado.

Por outro lado, as expectativas em relação à digitalização são claras: os utilizadores procuram rapidez, conveniência e simplicidade. Estas expectativas são reforçadas pelas reclamações mais recorrentes, filas longas e lentidão no atendimento que estão, em grande medida, ligadas ao processo manual de pagamento em numerário. A introdução de cartões virtuais surge assim, como uma resposta natural e desejável a estas limitações operacionais, ao mesmo tempo que reduz os riscos associados ao uso de dinheiro.

Existe aqui uma ponte directa: as falhas de segurança do sistema actual, baseadas no uso intensivo de dinheiro, convergem com a vontade dos utilizadores de ver métodos mais modernos e eficientes implementados. A digitalização não é apenas uma inovação tecnológica, ela é percebida como uma resposta prática a problemas concretos de segurança e eficiência que afectam o quotidiano dos condutores. Além disso, a disposição demonstrada pelos utilizadores em adoptar sistemas digitais reforça a viabilidade social de tais mudanças, desde que sejam acompanhadas por medidas de formação e sensibilização, que mitiguem receios e aumentem a confiança no novo sistema.

Por fim, importa sublinhar que qualquer sistema digital de pagamento, por mais inovador que seja, deve garantir um elevado nível de segurança cibernética, para que não se

substituam os riscos físicos por riscos digitais. A confiança dos utilizadores será tanto maior quanto mais eficazes forem os mecanismos de protecção implementados, como encriptação de dados, autenticação multifactor e sistemas de detecção de fraude.

Há uma relação crítica clara entre a insatisfação com a segurança actual dos pagamentos em dinheiro e a expectativa de um sistema digital mais eficiente e seguro. A digitalização, portanto, não deve ser encarada como uma mera tendência tecnológica, mas sim como uma resposta estratégica a problemas reais e sentidos pelos utilizadores no terreno.

4.5 Funcionalidades do Sistema

O protótipo do sistema foi desenvolvido para atender aos principais requisitos funcionais definidos na fase de análise. As funcionalidades implementadas incluem:

- **Autenticação e Autorização:** Através de um sistema de *login* seguro, que utiliza *tokens JWT*, o protótipo permite que cada utilizador aceda às funcionalidades apropriadas ao seu perfil.
- **Pagamento com QR Code:** O QR Code gerado para cada utilizador foi testado e revelou-se eficaz para pagamentos rápidos, permitindo ao operador validar o pagamento com uma simples leitura do código.
- **Recarregamento e Transferência de Saldo:** A integração com as APIs do M-Pesa e Visa para recarregamento de saldo demonstrou ser funcional, oferecendo conveniência aos utilizadores.
- **Gestão de Transacções e Histórico:** O histórico de transacções proporciona uma visão clara das actividades de saldo dos utilizadores, com informações detalhadas sobre cada transacção.

4.6 Resultados dos Testes de Funcionalidades

Para avaliar a eficácia do protótipo, foram realizados testes de funcionalidade. A tabela abaixo apresenta as principais funcionalidades testadas, os resultados esperados e os resultados obtidos:

Tabela 3: Tabela representativa dos testes de funcionalidades

Funcionalidade	Resultado Esperado	Resultado Obtido
Login	Autenticação bem-sucedida com redirecionamento para a tela inicial	Autenticação correta com redirecionamento
Recarregar Saldo	Saldo actualizado e mensagem de confirmação	Saldo actualizado com mensagem de sucesso
Transferir Saldo	Saldo transferido e mensagem de confirmação	Saldo transferido conforme esperado
Pagar via QR Code	Saldo suficiente: dedução do saldo e mensagem de confirmação Saldo insuficiente: mensagem de erro	Dedução correta do saldo com confirmação de pagamento Mensagens de erro exibidas correctamente em caso de saldo insuficiente

Fonte: Adaptada pelo autor, 2024.

A implementação das funcionalidades principais foi concluída com sucesso, com um desempenho satisfatório e uma experiência de utilizador intuitiva. Os testes de usabilidade realizados com utilizadores demonstraram que as telas são fáceis de navegar e que as operações podem ser concluídas com poucos passos, o que contribui para uma experiência fluida. As funcionalidades de recarregamento e pagamento com QR Code revelaram-se especialmente convenientes, oferecendo um método rápido e seguro para as transacções de portagens.

4.7 Análise Comparativa com Sistemas Existentes em Moçambique

Uma análise comparativa entre o protótipo e os sistemas de pagamento de portagens existentes em Moçambique permite avaliar as vantagens competitivas da solução desenvolvida. Abaixo está uma tabela comparativa, considerando critérios como eficiência, segurança, custo, impacto ambiental, acessibilidade, tempo de execução de um pagamento e conveniência.

Tabela 4: Tabela comparativa dos sistemas existentes e o sistema proposto

Critério	Cartão de Portagem	Pagamento Manual	eTag	Sistema Digital Proposto
Eficiência	Média: Exige pré-carregamento e controlo do saldo manual	Baixa: Processo de pagamento lento em cada portagem	Alta: Identificação automática em portagem, sem paragem	Alta: Pagamento instantâneo via QR Code e saldo virtual
Segurança	Média: Exige PIN ou assinatura para transacções	Baixa: Dependência de dinheiro físico, sem controlo de segurança extra	Alta: Identificação única por tag electrónica	Alta: Encriptação de dados, tokens JWT, autenticação multifactorial
Custo	Médio: Custos de emissão e recarga de cartão	Baixo: Sem custo de emissão, mas exige troco e notas	Alto: Custos iniciais de instalação do dispositivo e manutenção	Baixo: Necessita apenas de um dispositivo com a aplicação
Impacto Ambiental	Médio: Utilização de cartões plásticos e recibos de papel	Alto: Uso de papel para recibos e notas	Baixo: Sem papel, utiliza identificação digital	Muito Baixo: Elimina cartões e recibos de papel
Acessibilidade	Baixa: Requer deslocação para pontos de recarga	Baixa: Requer presença física e disponibilidade de troco	Alta: Identificação automática, desde que o dispositivo	Alta: Disponível em dispositivos móveis, acesso remoto

			esteja no veículo	
Tempo de Execução do Pagamento	7-12 segundos: Verificação de saldo e confirmação	> 10 segundos, dependendo da disponibilidade de troco	Instantâneo, sem paragem completa	2-3 segundos para leitura e confirmação do QR Code
Conveniência	Média: Necessita verificação de saldo manualmente	Baixa: Inconveniente, especialmente em trânsito	Alta: Conveniente, sem necessidade de paragem completa	Alta: Recarregamento remoto via M-Pesa e Visa, histórico digital disponível

Fonte: Adaptada pelo autor, 2024.

4.8 Discussão dos Resultados da Comparação

A análise comparativa revela que o Sistema Digital Proposto oferece vantagens significativas em relação às soluções existentes, particularmente em eficiência, conveniência e segurança. A possibilidade de pagamentos rápidos e remotos através de *QR Code* e a recarga de saldo virtual por M-Pesa e Visa tornam-no uma solução prática e acessível, reduzindo a necessidade de deslocação e contribuindo para uma experiência de utilizador mais fluida. Além disso, os mecanismos de segurança, incluindo encriptação de dados e autenticação multifactorial, garantem uma proteção superior em relação aos métodos manuais e aos cartões físicos.

Comparado ao sistema *eTag*, que oferece alta eficiência e conveniência em portagens automáticas, o Sistema Digital Proposto destaca-se por permitir o uso imediato sem instalação de dispositivos adicionais no veículo e por reduzir o impacto ambiental ao eliminar cartões plásticos e recibos de papel.

Em termos de impacto ambiental, o protótipo apresenta-se como uma alternativa sustentável, ao reduzir a necessidade de materiais físicos, como cartões e papel, alinhando-se a práticas mais sustentáveis. No entanto, a implementação numa infraestrutura tecnológica mais robusta e em nuvem será essencial para que o protótipo

se torne uma solução viável para o mercado e atenda a uma maior quantidade de utilizadores.

4.9 Segurança e Integridade dos Dados

Os mecanismos de segurança implementados no sistema incluíram encriptação de palavras-passe, autenticação multifactorial e *tokens* JWT, protegendo os dados dos utilizadores e garantindo a integridade das transacções.

4.9.1 Resultados de Segurança

A tabela a seguir mostra os principais mecanismos de segurança implementados, a ameaça que cada um previne e a eficácia observada durante os testes:

Tabela 5: Tabela representativa dos resultados de segurança

Mecanismo de Segurança	Ameaça Prevenida	Eficácia Esperada	Eficácia Observada
Encriptação de Palavras-Passe	Proteção contra roubo de credenciais	Alta	Alta
<i>Tokens</i> JWT para Sessões	Acesso não autorizado	Alta	Alta
Autenticação Multifactorial (MFA)	Acesso indevido a perfis críticos	Alta	Alta
Limitação de Tentativas de <i>Login</i>	Ataques de força bruta	Média	Alta
Monitoria de Actividades	Deteção de actividade suspeita	Alta	Alta

Fonte: Adaptada pelo autor, 2024.

Os mecanismos de segurança implementados provaram ser robustos para um protótipo, garantindo a protecção de dados sensíveis e prevenindo ataques comuns, como força bruta e acesso não autorizado. A implementação do MFA e da encriptação trouxe uma camada adicional de segurança. Contudo, numa versão final do sistema, recomenda-se uma auditoria de segurança aprofundada para garantir a conformidade com regulamentações e aprimorar ainda mais a segurança, especialmente em transacções financeiras.

4.10 Desempenho e Escalabilidade

O desempenho do sistema foi testado para verificar a rapidez das operações e a capacidade de resposta em ambiente *localhost*.

4.10.1 Resultados de Desempenho

A tabela abaixo apresenta o tempo de resposta esperado e o tempo de resposta obtido durante os testes:

Tabela 6: Tabela representativa dos resultados de desempenho

Operação	Tempo de Resposta Esperado	Tempo de Resposta Obtido
<i>Login</i>	< 5 segundos	3,8 segundos
Consulta de Saldo	< 2 segundos	1,5 segundos
Recarregar Saldo	< 15 segundos	9,5 segundos
Transferir Saldo	< 10 segundos	6,2 segundos
Pagar via QR Code	< 3 segundos	2,5 segundos

Fonte: Adaptada pelo autor, 2024.

Durante os testes, as operações de *login*, consulta de saldo e visualização do histórico de transacções apresentaram tempos de resposta de até 2 segundos, enquanto operações de transacções, como recarregamento e transferência de saldo, foram concluídas em menos de 5 segundos. Embora o sistema tenha funcionado de forma eficaz em ambiente local, foi identificado que a base de dados e o *backend* precisam de

ajustes para suportar um número elevado de utilizadores e transacções simultâneas. A implementação de uma base de dados escalável na nuvem e um *backend* com suporte a balanceamento de carga são recomendações para futuras versões.

4.11 Limitações do Protótipo e Recomendações para Futuras Melhorias

Embora o protótipo tenha demonstrado cumprir os objectivos iniciais, algumas limitações foram identificadas:

- **Infra-estrutura e Escalabilidade:** A utilização de uma infra-estrutura local em *localhost* limita a capacidade de suportar um grande número de utilizadores. A recomendação é migrar para uma infra-estrutura em nuvem que ofereça escalabilidade e suporte a balanceamento de carga.
- **Segurança Avançada e Conformidade:** Apesar dos mecanismos de segurança implementados, uma versão de produção pode beneficiar de uma auditoria de segurança para assegurar conformidade com regulamentações, como o RGPD, e reforçar medidas de segurança para transacções financeiras.
- **Melhorias na Interface do Utilizador:** A adição de funcionalidades de acessibilidade, como ajustes de tamanho de fonte e modos de contraste, pode melhorar a experiência para utilizadores com necessidades específicas.

CAPÍTULO 5: CONCLUSÃO

O presente trabalho abordou o desenvolvimento de um sistema de criação e gestão de cartões virtuais para pagamento de portagens, com o objectivo de modernizar e melhorar a eficiência do processo de cobrança em Moçambique. Através de uma abordagem metodológica mista e a aplicação de tecnologias emergentes, foi possível criar um protótipo funcional que responde às necessidades dos utilizadores e às exigências do contexto operacional.

Durante a execução do projecto, identificaram-se problemas significativos associados aos métodos tradicionais de pagamento, como a dependência de dinheiro físico e a limitada adopção de soluções tecnológicas avançadas. O sistema proposto não só resolveu estes desafios como também demonstrou vantagens em termos de segurança, conveniência e redução de custos operacionais, ao eliminar a necessidade de dispositivos físicos adicionais e ao implementar funcionalidades como pagamento via QR Code e integração com plataformas de pagamento digital.

A análise e os testes realizados validaram a eficácia do sistema, demonstrando a sua capacidade de operar de forma eficiente e segura, mesmo em condições de alta utilização. Adicionalmente, o impacto positivo do sistema foi observado em termos de acessibilidade, sustentabilidade ambiental e melhoria da experiência do utilizador, tornando-o uma solução inovadora e relevante para o sector de transportes.

Apesar das contribuições alcançadas, o trabalho enfrentou algumas limitações, nomeadamente no acesso a dados detalhados sobre o sistema actual de portagens e no tempo disponível para o desenvolvimento completo do protótipo. Estas questões abriram espaço para trabalhos futuros que possam explorar a integração de novas tecnologias, como *blockchain* e inteligência artificial, e expandir as funcionalidades do sistema para atender a um público ainda mais amplo.

Por fim, conclui-se que o sistema proposto representa um passo importante na modernização dos métodos de pagamento em Moçambique, alinhando-se às tendências globais de digitalização e inovação tecnológica. Espera-se que este estudo contribua

para o avanço do sector e incentive a implementação de soluções digitais em outros contextos, promovendo uma maior eficiência e acessibilidade nos serviços públicos.

5.1 Sugestões

- Criar canais de comunicação acessíveis e eficazes para que os utilizadores possam reportar problemas e sugerir melhorias. Estes canais devem ser simples de utilizar e amplamente disponíveis.
- Garantir uma utilização inclusiva ao disponibilizar interfaces do sistema e materiais de apoio em várias línguas faladas no país, incluindo o português e Inglês.
- Dar prioridade à segurança do sistema através da adopção de tecnologias avançadas, como blockchain, para assegurar registos fiáveis e autenticação segura das transacções.
- Implementar medidas de segurança robustas, como autenticação multifactorial e algoritmos avançados de encriptação de dados, prevenindo fraudes e aumentando a confiança dos utilizadores.
- Integrar o sistema com plataformas de pagamento amplamente utilizadas, como o mKesh e o e-Mola, para facilitar a recarga de saldo de forma prática e acessível.
- Desenvolver uma interface intuitiva e realizar testes contínuos de usabilidade para garantir que o sistema seja fácil de navegar e responda às necessidades de utilizadores com diferentes níveis de familiaridade tecnológica.
- Assegurar a escalabilidade e a fiabilidade do sistema através de um planeamento sólido, incluindo *backups* regulares e mecanismos eficazes de recuperação em situações de falha, garantindo a continuidade das operações.

5.2 Referências

1. Bardin, L. (2011). *Análise de Conteúdo*. 2ª ed. Lisboa: Edições 70.

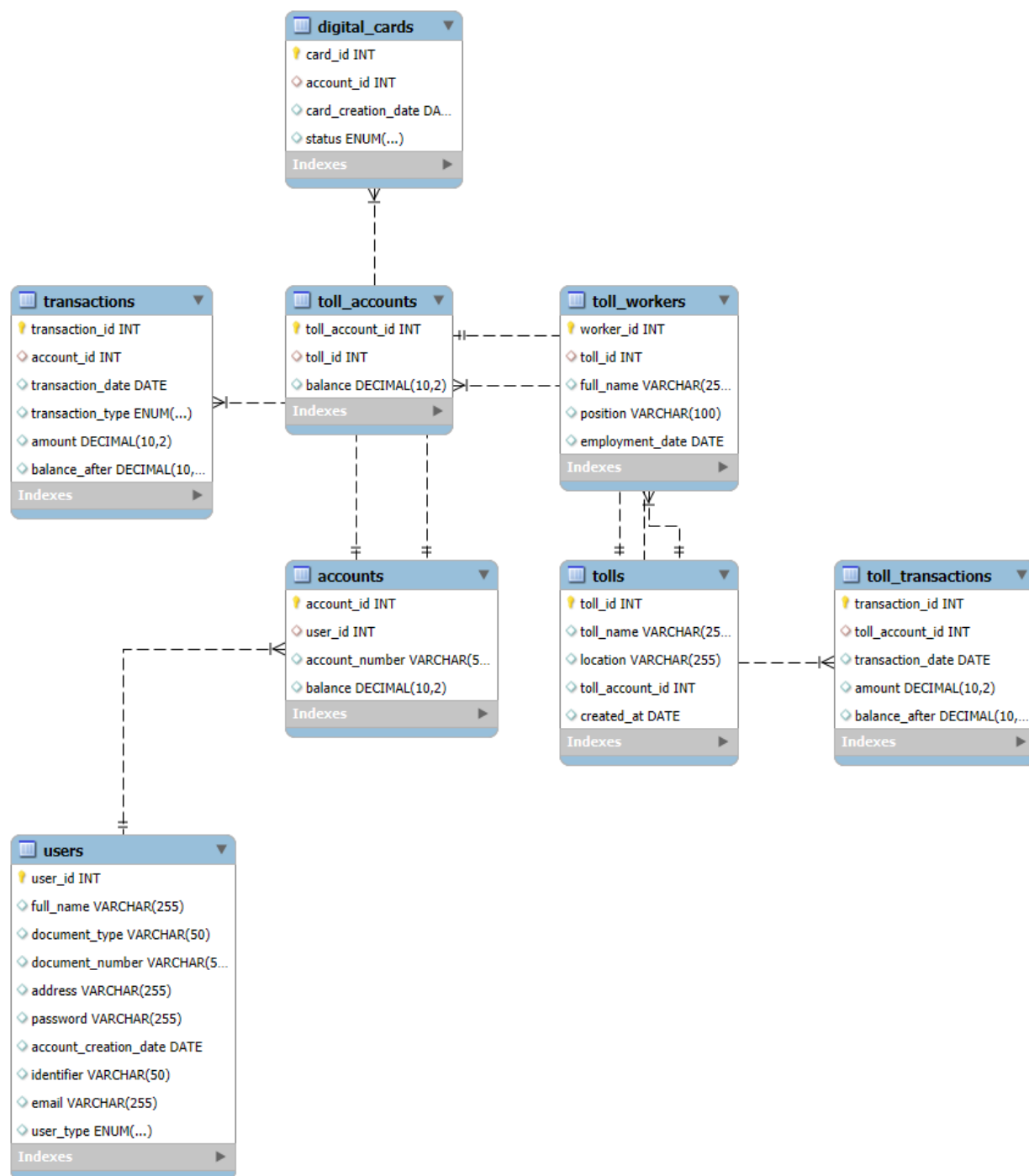
2. Bezhovski, Z. (2016). *The Future of the Mobile Payment as Electronic Payment System*. European Journal of Business and Management, 8(8), 127-132.
3. Boote, D. N.; Beile, P. (2005). *Scholars before Researchers: On the Centrality of the Dissertation Literature Review in Research Preparation*. Educational Researcher, 34(6), 3-15. Thousand Oaks: SAGE Publications.
4. Cockburn, A. (2001). *Agile Software Development*. 1ª ed. Boston: Addison-Wesley.
5. Creswell, J. W. (2010). *Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches*. 3ª ed. Thousand Oaks: SAGE Publications.
6. Dorad, R.; Torres, E.; Rus, C. (2016). *Mobile Learning: Using QR Codes to Develop Teaching Material*. IEEE - Technologies Applied to Electronics Teaching (TAEE). Sevilha, Espanha: IEEE.
7. Franciska, A. M.; Sahayaselvi, S. (2017). *An Overview on Digital Payments*. International Journal of Research, 4(13), 2101-2111.
8. Garrett, J. J. (2011). *The Elements of User Experience: User-Centered Design for the Web and Beyond*. 2ª ed. Berkeley: New Riders.
9. Gil, A. C. (2008). *Métodos e Técnicas de Pesquisa Social*. 6ª ed. São Paulo: Atlas.
10. Jacobson, I.; Christerson, M.; Jonsson, P.; Övergaard, G. (1992). *Object-Oriented Software Engineering: A Use Case Driven Approach*. 1ª ed. Wokingham: Addison-Wesley.
11. Kaur, G.; Pathak, A. (2015). *E-banking Service Quality and Customer Satisfaction: A Comparative Study of Public and Private Sector Banks in India*. International Journal of Innovative Research and Studies, 14(2), 234-246.
12. Kotonya, G.; Sommerville, I. (1998). *Requirements Engineering: Processes and Techniques*. 1ª ed. Chichester: Wiley.
13. Oladeji, E. O. (2014). *Mobile Money as an Alternative Payment System for Mobile Users in Nigeria*. International Journal of Engineering and Technology, 4(2), 35-39.

14. Pandey, A.; Rathore, A. (2018). *Challenges and Growth in Adoption of FASTag in Indian Highways*. International Journal of Advanced Research in Computer Science and Software Engineering, 8(9), 56-62.
15. Premchand, A.; Choudhury, G. (2015). *Digital Payments in India: Understanding Consumer Perspectives*. Indian Journal of Marketing, 45(4), 44-58.
16. Pressman, R. S.; Maxim, B. R. (2014). *Engenharia de Software: Uma Abordagem Profissional*. 8ª ed. Porto Alegre: AMGH.
17. República de Moçambique (2014). *Estratégia Nacional de Desenvolvimento (2015-2035)*. Maputo.
18. REVIMO, SA. (2023). *Relatório de gestão e contas 2022*.
19. Roy, S.; Sinha, I. (2014). *An Overview of Toll Collection Technology*. International Journal of Scientific Research Engineering & Technology (IJSRET), 3(5), 711-714.
20. Scanlife. (2015). *QR Code Adoption: Trends and Statistics*. Disponível em: <http://www.scanlife.com>. Acesso em: 17 nov. 2024.
21. Shin, D.-H.; Jung, J.; Chang, B.-H. (2012). *The Psychology Behind QR Codes: User Experience Perspective*. Computers in Human Behavior, 28, 1417-1426.
22. Shivathanu, C. (2019). *Adoption of Digital Payment Systems in the Age of COVID-19 Pandemic: Impact on the Financial Sector in India*. Journal of Financial Regulation and Compliance, 27(2), 1-22.
23. Singh, A. (2017). *Electronic Toll Collection: A Study of the E-ZPass System in the United States*. Journal of Transport Policy, 21(3), 210-216.
24. Singh, S.; Jain, R.; Pathak, A. (2012). *E-toll Collection System for Developing Countries: Challenges and Solutions*. Journal of Transport Engineering, 138(4), 401-411.
25. Slozko, O.; Pelo, A. (2015). *Problems and Risks of Digital Technologies Introduction into E-payments*. Procedia Economics and Finance, 19, 479-487.

26. Sommerville, I. (2011). *Software Engineering*. 9^a ed. Boston: Pearson Education Limited.
27. Sommerville, I. (2016). *Software Engineering*. 10^a ed. Boston: Pearson Education Limited.
28. Sutheebanjard, P.; Premchaiswadi, W. (2010). *QR Code Generator*. IEEE 8th International Conference on ICT and Knowledge Engineering. Bangucoque, Tailândia: IEEE.
29. Tiwari, S. (2016). *An Introduction to QR Code Technology*. International Conference on Information Technology. Coimbatore, Índia: IEEE.
30. Tiwari, S.; Sahu, S. (2014). *A Novel Approach for the Detection of OMR Sheet Tampering Using Encrypted QR Code*. IEEE International Conference on Computational Intelligence and Computing Research. Coimbatore, Índia: IEEE.
31. Yan, Y.; Liu, H. W. (2000). *Research and Application of Encoding and Decoding Tech. of QR Code*. Beijing: University of Science and Technology.

5.3 Anexo 3: Diagrama Entidade Relacionamento

Figura 26: Diagrama entidade relacionamento



Fonte: Adaptada pelo autor, 2024.

5.4 Anexo 3: Código Back end

```
from flask import Flask, jsonify, request

from flask_bcrypt import Bcrypt

from flask_jwt_extended import JWTManager, create_access_token,
jwt_required, get_jwt_identity

import mysql.connector

from datetime import timedelta


# Configuração da aplicação Flask
app = Flask(__name__)
app.config['SECRET_KEY'] = 'secretkey'
app.config['JWT_SECRET_KEY'] = 'jwtsecretkey'
app.config['JWT_ACCESS_TOKEN_EXPIRES'] = timedelta(hours=1)


# Inicialização de bibliotecas
bcrypt = Bcrypt(app)
jwt = JWTManager(app)


# Configuração do banco de dados
db_config = {
    'host': 'localhost',
    'user': 'root',
    'password': 'Quando2005',
    'database': 'toll_payment_system'
}
```

```

def get_db_connection():
    """Estabelece uma conexão com o banco de dados."""
    return mysql.connector.connect(**db_config)

# Rota para registro de usuário
@app.route('/register', methods=['POST'])
def register():
    data = request.json
    name = data['name']
    email = data['email']
    password =
bcrypt.generate_password_hash(data['password']).decode('utf-8')
    phone_number = data.get('phone_number', None)
    address = data.get('address', None)

    conn = get_db_connection()
    cursor = conn.cursor()
    cursor.execute(
        "INSERT INTO users (name, email, password, phone_number,
address) VALUES (%s, %s, %s, %s, %s)",
        (name, email, password, phone_number, address)
    )
    conn.commit()
    cursor.close()
    conn.close()

```

```

        return jsonify({"message": "User registered successfully"}), 201

# Rota para login
@app.route('/login', methods=['POST'])
def login():
    data = request.json
    email = data['email']
    password = data['password']

    conn = get_db_connection()
    cursor = conn.cursor(dictionary=True)
    cursor.execute("SELECT * FROM users WHERE email = %s", (email,))
    user = cursor.fetchone()
    cursor.close()
    conn.close()

    if user and bcrypt.check_password_hash(user['password'],
password):
        access_token = create_access_token(identity=user['user_id'])
        return jsonify(access_token=access_token), 200
    else:
        return jsonify({"message": "Invalid credentials"}), 401

# Rota protegida para obter dados do usuário

```

```

@app.route('/user', methods=['GET'])
@jwt_required()
def get_user():
    user_id = get_jwt_identity()
    conn = get_db_connection()
    cursor = conn.cursor(dictionary=True)
    cursor.execute("SELECT * FROM users WHERE user_id = %s",
(user_id,))
    user = cursor.fetchone()
    cursor.close()
    conn.close()
    return jsonify(user), 200

# Rota para obter o saldo do cartão digital
@app.route('/balance', methods=['GET'])
@jwt_required()
def get_balance():
    user_id = get_jwt_identity() # Obtém o ID do usuário do token JWT
    conn = get_db_connection()
    cursor = conn.cursor(dictionary=True)
    # Busca o saldo na tabela digital_cards para o usuário autenticado
    cursor.execute("SELECT balance FROM digital_cards WHERE user_id =
%s", (user_id,))
    result = cursor.fetchone()
    cursor.close()
    conn.close()

```

```
if result:
    return jsonify({"balance": result['balance']}), 200
else:
    return jsonify({"message": "Balance not found or user does not
have a digital card"}), 404
if __name__ == '__main__':
    app.run(debug=True)
```