

O que usuários podem fazer para economizar energia

**Trabalho Final de curso**

Relatório Intercalar 1º Semestre

Nome do Aluno: Tomás Martins

Nome do Aluno: André Vieira

Nome do Orientador: Wellington Oliveira

Trabalho Final de Curso | LEI | 04/11/2024

**Direitos de cópia**

O que os usuários podem fazer para economizar energia, Copyright de Tomás Martins, André Vieira, Universidade Lusófona.

A Escola de Comunicação, Arquitectura, Artes e Tecnologias da Informação (ECATI) e a Universidade Lusófona (UL) têm o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicar esta dissertação através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, e de a divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objectivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor.

Resumo

A expansão e a evolução dos dispositivos móveis têm vindo a progredir de forma substancial. À medida que avançamos na tecnologia, enfrentamos desafios crescentes em termos de eficiência energética, como o consumo excessivo de energia em aplicativos.

Este projeto tem como objetivo criar um guia abrangente para ajudar os utilizadores de dispositivos móveis a economizar energia por meio de melhorias no uso de aplicações do telemóvel.

Ao longo desta evolução percebeu-se que existe um desconhecimento na pesquisa da eficiência energética, existindo várias investigações já feitas onde mostram que fatores como o brilho do ecrã, dados móveis, GPS, Wifi ligado entre outros, influenciam a vida útil da bateria. Apesar destas pesquisas mostrarem que de facto existe ligação destes factores, ainda não se sabe ao certo o quanto esses fatores impactam no seu aumento ou diminuição da vida útil da bateria. Logo o nosso trabalho irá basear-se na relação entre as diferente hipóteses e variações dos sensores com a bateria, iremos trabalhar com múltiplos testes automatizados e analisar tirando dados dos fatores que têm um maior desgaste na eficiência energética.

Num ponto prático iremos trabalhar com a gestão do brilho do ecrã, aplicações em segundo plano, usar aplicações com/sem wifi, e outras técnicas para otimizar o consumo de energia. Serão usados vários softwares, para recolher dados de consumo de energia, fazer testes práticos e análise estatística do padrão de código das aplicações. Também serão realizados testes automáticos para simular interações do usuário.

Abstract

The expansion and evolution of mobile devices have been progressing substantially. As we advance in technology, we face increasing challenges in terms of energy efficiency, such as excessive energy consumption in applications. This project aims to create a comprehensive guide to help mobile device users save energy through improvements in the use of mobile applications.

Throughout this evolution, it has been realized that there is a lack of research on energy efficiency, with several investigations already showing that factors such as screen brightness, mobile data, GPS, Wi-Fi, among others, influence battery life. Although these studies show that there is indeed a connection between these factors, it is still not known exactly how much these factors impact their increase or decrease in battery life. Therefore, our work will be based on the relationship between different hypotheses and variations of sensors with the battery. We will work with multiple automated tests and analyze data from factors that have a greater wear on energy efficiency.

In practical terms, we will work on managing screen brightness, background applications, using applications with/without Wi-Fi, and other techniques to optimize energy consumption. Various software will be used, to collect energy consumption data, perform practical tests, and statistically analyze the code pattern of applications. Automatic tests will also be performed to simulate user interactions.

Índice

[Resumo iii](#_Toc170506558)

[Abstract iv](#_Toc170506559)

[Índice v](#_Toc170506560)

[Lista de Figuras ix](#_Toc170506561)

[Lista de Tabelas xi](#_Toc170506562)

[1 Identificação do Problema 1](#_Toc170506563)

[2 Viabilidade e Pertinência 2](#_Toc170506564)

[3 Benchmarking 3](#_Toc170506565)

[4 Engenharia 4](#_Toc170506566)

[4.1 Levantamento e Analise dos Requisitos 4](#_Toc170506567)

[4.1.1 Requisitos Funcionais (RF): 4](#_Toc170506568)

[4.1.2 Requisitos Não Funcionais (RNF): 4](#_Toc170506569)

[4.2 Casos de Uso 5](#_Toc170506570)

[4.3 Diagramas de Atividade BPMN 5](#_Toc170506571)

[4.4 Modelo de Classes 7](#_Toc170506572)

[4.5 Estrutura do Projecto 10](#_Toc170506573)

[5 Solução Proposta 11](#_Toc170506574)

[5.1 Introdução 11](#_Toc170506575)

[5.2 Arquitetura 11](#_Toc170506576)

[5.3 Tecnologias e Ferramentas Utilizadas 11](#_Toc170506577)

[5.3.1 Ebserver: 11](#_Toc170506578)

[5.3.2 O procstats: 12](#_Toc170506579)

[5.3.3 Android Studio: 12](#_Toc170506580)

[5.3.4 Espresso: 12](#_Toc170506581)

[5.3.5 Android Debug Bridge (ADB): 12](#_Toc170506582)

[5.4 Implementação 13](#_Toc170506583)

[5.5 Abrangência 13](#_Toc170506584)

[6 Plano de testes e validação 14](#_Toc170506585)

[6.1 Testes de desenvolvimento 14](#_Toc170506586)

[6.1.1 Teste 1 - Impacto do Brilho da Tela no Consumo de Energia: 14](#_Toc170506587)

[6.1.1.1 Resultados e Análise do brilho a 100% 14](#_Toc170506588)

[*6.1.1.1.1* *Análise Estatística* 14](#_Toc170506589)

[*6.1.1.1.2* *Discussão de Resultados* 14](#_Toc170506590)

[6.1.1.2 Resultados e Análise do brilho a 75% 15](#_Toc170506591)

[*6.1.1.2.1* *Análise Estatística* 16](#_Toc170506592)

[*6.1.1.2.2* *Discussão de Resultados* 17](#_Toc170506593)

[6.1.1.3 Resultados e Análise do brilho a 50% 17](#_Toc170506594)

[*6.1.1.3.1* *Análise Estatística* 18](#_Toc170506595)

[*6.1.1.3.2* *Discussão de Resultados* 18](#_Toc170506596)

[6.1.1.4 Resultados e Análise do brilho a 25% 19](#_Toc170506597)

[*6.1.1.4.1* *Análise Estatística* 20](#_Toc170506598)

[*6.1.1.4.2* *Discussão de Resultados* 20](#_Toc170506599)

[6.1.1.5 Resultados e Análise do brilho a 0% 21](#_Toc170506600)

[*6.1.1.5.1* *Análise Estatística* 22](#_Toc170506601)

[*6.1.1.5.2* *Discussão de Resultados* 22](#_Toc170506602)

[6.1.1.6 Conclusão teste brilho da tela 23](#_Toc170506603)

[6.1.2 Teste 2 - Impacto da Lanterna no Consumo de Energia: 23](#_Toc170506604)

[6.1.2.1 Resultados e Análise da lanterna desligada durante 3 minutos 24](#_Toc170506605)

[*6.1.2.1.1* *Análise Estatística* 25](#_Toc170506606)

[*6.1.2.1.2* *Discussão de Resultados* 26](#_Toc170506607)

[6.1.2.2 Resultados e Análise do lanterna desligada durante 2 minutos 26](#_Toc170506608)

[*6.1.2.2.1* *Análise Estatística* 27](#_Toc170506609)

[*6.1.2.2.2* *Discussão de Resultados* 28](#_Toc170506610)

[6.1.2.3 Resultados e Análise da lanterna desligada durante 1 minuto 28](#_Toc170506611)

[*6.1.2.3.1* *Análise Estatística* 29](#_Toc170506612)

[*6.1.2.3.2* *Discussão de Resultados* 30](#_Toc170506613)

[6.1.2.4 Resultados e Análise da lanterna ligada durante 3 minutos 30](#_Toc170506614)

[*6.1.2.4.1* *Análise Estatística* 31](#_Toc170506615)

[*6.1.2.4.2* *Discussão de Resultados* 32](#_Toc170506616)

[6.1.2.5 Resultados e Análise da lanterna ligada durante 2 minutos 32](#_Toc170506617)

[*6.1.2.5.1* *Análise Estatística* 33](#_Toc170506618)

[*6.1.2.5.2* *Discussão de Resultados* 34](#_Toc170506619)

[6.1.2.6 Resultados e Análise da lanterna ligada durante 1 minuto 34](#_Toc170506620)

[*6.1.2.6.1* *Análise Estatística* 35](#_Toc170506621)

[*6.1.2.6.2* *Discussão de Resultados* 36](#_Toc170506622)

[6.1.2.7 Conclusão teste Lanterna 36](#_Toc170506623)

[6.1.3 Teste 3 - Impacto do refresh rate na visualização de um video no YouTube:(atualmente em fase de desenvolvimento) 37](#_Toc170506624)

[6.1.3.1 Resultados e Análise da taxa de atualização a 120Hz 37](#_Toc170506625)

[*6.1.3.1.1* *Análise Estatística* 38](#_Toc170506626)

[*6.1.3.1.2* *Discussão de Resultados* 39](#_Toc170506627)

[6.1.3.2 Resultados e Análise da taxa de atualização a 60Hz 39](#_Toc170506628)

[*6.1.3.2.1* *Análise Estatística* 40](#_Toc170506629)

[*6.1.3.2.2* *Discussão de Resultados* 41](#_Toc170506630)

[6.1.3.3 Conclusão teste taxa de atualização 41](#_Toc170506631)

[6.1.4 Teste 4 - Impacto da escrita em normal mode e dark mode 41](#_Toc170506632)

[6.1.4.1 Resultados e Análise light mode durante 3min 42](#_Toc170506633)

[*6.1.4.1.1* *Análise Estatística* 43](#_Toc170506634)

[*6.1.4.1.2* *Discussão de Resultados* 44](#_Toc170506635)

[6.1.4.2 Resultados e Análise light mode durante 2min 44](#_Toc170506636)

[*6.1.4.2.1* *Análise Estatística* 45](#_Toc170506637)

[*6.1.4.2.2* *Discussão de Resultados* 46](#_Toc170506638)

[6.1.4.3 Resultados e Análise Light mode durante 1min 46](#_Toc170506639)

[*6.1.4.3.1* *Análise Estatística* 47](#_Toc170506640)

[*6.1.4.3.2* *Discussão de Resultados* 48](#_Toc170506641)

[6.1.4.4 Resultados e Análise dark mode durante 3min 48](#_Toc170506642)

[*6.1.4.4.1* *Análise Estatística* 49](#_Toc170506643)

[*6.1.4.4.2* *Discussão de Resultados* 50](#_Toc170506644)

[6.1.4.5 Resultados e Análise Dark mode durante 2min 50](#_Toc170506645)

[*6.1.4.5.1* *Análise Estatística* 51](#_Toc170506646)

[*6.1.4.5.2* *Discussão de Resultados* 52](#_Toc170506647)

[6.1.4.6 Resultados e Análise Dark mode durante 1min 52](#_Toc170506648)

[*6.1.4.6.1* *Análise Estatística* 53](#_Toc170506649)

[*6.1.4.6.2* *Discussão de Resultados* 54](#_Toc170506650)

[6.1.4.7 Conclusão teste Dark mode vs Light mode 54](#_Toc170506651)

[7 Método e Planeamento 55](#_Toc170506652)

[7.1 Plano de trabalho em formato Gantt 55](#_Toc170506653)

[7.1.1 Fase 1: Intercalar 1º Semestre 56](#_Toc170506654)

[7.1.2 Fase 2: Intermédia 1º Semestre 56](#_Toc170506655)

[7.1.3 Fase 3: Intercalar 2º Semestre - Parte 1 57](#_Toc170506656)

[7.1.4 Fase 4: Intercalar 2º Semestre - Parte 2 57](#_Toc170506657)

[7.2 Tarefas realizadas 57](#_Toc170506658)

[7.3 Dificuldades 57](#_Toc170506659)

[7.4 Alterações introduzidas ao plano 58](#_Toc170506660)

[8 Resultados 59](#_Toc170506661)

[9 Bibliografia 62](#_Toc170506662)

[10 Anexo 1 – Indicações de progresso de Trabalho 63](#_Toc170506663)

[11 Glossário 65](#_Toc170506664)

Lista de Figuras

[Figura 1 - Processo de Levantamento de Requisitos 6](#_Toc170506665)

[Figura 2 – Casos de Uso 7](#_Toc170506666)

[Figura 3 - Diagrama de Classes 8](#_Toc170506667)

[Figura 4 - Diagrama de Classes 9](#_Toc170506668)

[Figura 5 - Pacotes e Classes 10](#_Toc170506669)

[Figura 6 – Media Consumo Energia Total com o brilho a 100% 14](#_Toc170506670)

[Figura 7 – Tabela com valores recolhidos para o consumo Energia Total com o brilho a 100% 14](#_Toc170506671)

[Figura 8 – Cálculo do p-value 14](#_Toc170506672)

[Figura 9 – Media Consumo Energia Total com o brilho a 75% 15](#_Toc170506673)

[Figura 10 – Tabela com valores recolhidos para o consumo Energia Total com o brilho a 75% 16](#_Toc170506674)

[Figura 11 – Cálculo do p-value 16](#_Toc170506675)

[Figura 12 – Media Consumo Energia Total com o brilho a 50% 17](#_Toc170506676)

[Figura 13 – Tabela com valores recolhidos para o consumo Energia Total com o brilho a 50% 18](#_Toc170506677)

[Figura 14 14 – Cálculo do p-value 18](#_Toc170506678)

[Figura 15 – Media Consumo Energia Total com o brilho a 25% 19](#_Toc170506679)

[Figura 16 – Tabela com valores recolhidos para o consumo Energia Total com o brilho a 25% 20](#_Toc170506680)

[Figura 17 – Cálculo do p-value 20](#_Toc170506681)

[Figura 18 – Media Consumo Energia Total com o brilho a 0% 21](#_Toc170506682)

[Figura 19 – Tabela com valores recolhidos para o consumo Energia Total com o brilho a 0% 22](#_Toc170506683)

[Figura 20 – Cálculo do p-value 22](#_Toc170506684)

[Figura 21 – Media Consumo Energia Total com a lanterna desligada durante 3 minutos 24](#_Toc170506685)

[Figura 22 – Tabela com valores recolhidos para o consumo Energia Total com a lanterna desligada durante 3 minutos. 25](#_Toc170506686)

[Figura 23 – Cálculo do p-value 25](#_Toc170506687)

[Figura 24 – Media Consumo Energia Total com a lanterna desligada durante 2 minutos 26](#_Toc170506688)

[Figura 25 – Tabela com valores recolhidos para o consumo Energia Total com a lanterna desligada durante 2 minutos. 27](#_Toc170506689)

[Figura 26 – Cálculo do p-value 27](#_Toc170506690)

[Figura 27 – Media Consumo Energia Total com a lanterna desligada durante 1 minuto 28](#_Toc170506691)

[Figura 28 – Tabela com valores recolhidos para o consumo Energia Total com a lanterna desligada durante 1 minuto. 29](#_Toc170506692)

[Figura 29 – Cálculo do p-value 29](#_Toc170506693)

[Figura 30 – Media Consumo Energia Total com a lanterna ligada durante 3 minutos 30](#_Toc170506694)

[Figura 31 – Tabela com valores recolhidos para o consumo Energia Total com a lanterna ligada durante 3 minutos. 31](#_Toc170506695)

[Figura 32 – Cálculo do p-value 31](#_Toc170506696)

[Figura 33 – Media Consumo Energia Total com a lanterna ligada durante 2 minutos 32](#_Toc170506697)

[Figura 34 – Tabela com valores recolhidos para o consumo Energia Total com a lanterna ligada durante 2 minutos. 33](#_Toc170506698)

[Figura 35 – Cálculo do p-value 33](#_Toc170506699)

[Figura 36 – Media Consumo Energia Total com a lanterna ligada durante 1 minuto 34](#_Toc170506700)

[Figura 37 – Tabela com valores recolhidos para o consumo Energia Total com a lanterna ligada durante 1 minuto. 35](#_Toc170506701)

[Figura 38 – Cálculo do p-value 35](#_Toc170506702)

[Figura 39 – Media Consumo Energia Total com taxa de atualização a 120Hz 37](#_Toc170506703)

[Figura 40 – Tabela com valores recolhidos para o consumo Energia Total com taxa de atualização a 120Hz 38](#_Toc170506704)

[Figura 41 – Cálculo do p-value 38](#_Toc170506705)

[Figura 42 – Media Consumo Energia Total com taxa de atualização a 60Hz 39](#_Toc170506706)

[Figura 43 – Tabela com valores recolhidos para o consumo Energia Total com taxa de atualização a 60Hz 40](#_Toc170506707)

[Figura 44 – Cálculo do p-value 40](#_Toc170506708)

[Figura 45 – Media Consumo Energia Total light Mode durante 3min 42](#_Toc170506709)

[Figura 46 – Tabela com valores recolhidos para o consumo Energia Total com Light mode durante 3min 43](#_Toc170506710)

[Figura 47 – Cálculo do p-value 43](#_Toc170506711)

[Figura 48 – Media Consumo Energia Total Light Mode durante 2min 44](#_Toc170506712)

[Figura 49 – Tabela com valores recolhidos para o consumo Energia Total com Light mode durante 2min 45](#_Toc170506713)

[Figura 50 – Cálculo do p-value 45](#_Toc170506714)

[Figura 51 – Media Consumo Energia Total Light Mode durante 1min 46](#_Toc170506715)

[Figura 52 – Tabela com valores recolhidos para o consumo Energia Total com Light mode durante 3min 47](#_Toc170506716)

[Figura 53 – Cálculo do p-value 47](#_Toc170506717)

[Figura 54 – Media Consumo Energia Total Dark Mode durante 3min 48](#_Toc170506718)

[Figura 55 – Tabela com valores recolhidos para o consumo Energia Total com Dark mode durante 3min 49](#_Toc170506719)

[Figura 56 – Cálculo do p-value 49](#_Toc170506720)

[Figura 57 – Media Consumo Energia Total Dark Mode durante 2min 50](#_Toc170506721)

[Figura 58 – Tabela com valores recolhidos para o consumo Energia Total com Dark mode durante 2min 51](#_Toc170506722)

[Figura 59 – Cálculo do p-value 51](#_Toc170506723)

[Figura 60 – Media Consumo Energia Total Dark Mode durante 1min 52](#_Toc170506724)

[Figura 61 – Tabela com valores recolhidos para o consumo Energia Total com Dark mode durante 1min 53](#_Toc170506725)

[Figura 62– Cálculo do p-value 53](#_Toc170506726)

[Figura 63 - Formato Gantt Parte I 55](#_Toc170506727)

[Figura 64 - Formato Gantt Parte II 56](#_Toc170506728)

[Figura 65-Resultados Brilho da tela 59](#_Toc170506729)

[Figura 66 - Resultados da Lanterna 59](#_Toc170506730)

[Figura 67 - Resultados Taxa de Atualização 60](#_Toc170506731)

[Figura 68 - Resultados Dark Mode vs Light Mode 60](#_Toc170506732)

[Figura 69-Metódo de teste da lanterna 63](#_Toc170506733)

[Figura 70 - Metódo Youtube 64](#_Toc170506734)

Lista de Tabelas

# Identificação do Problema

Os dispositivos móveis são indispensáveis no mundo moderno, pois permite fazer comunicações básicas, ou mesmo operações complexas. No entanto, a eficiência energética dos dispositivos é frequentemente esquecida durante o desenvolvimento de aplicações. Esta omissão resulta muitas vezes em um consumo excessivo de energia, que reduz a vida útil das baterias e impacta negativamente a experiência do utilizador. Além disso, o aumento do consumo de energia elétrica levanta preocupações ambientais significativas, destacando a necessidade urgente de abordagens sustentáveis no uso de tecnologia móvel.

Sobre este tema existem várias lacunas nas pesquisas sobre o impacto das ações dos utilizadores no consumo de energia de dispositivos móveis. Estudos preliminares e análises de literatura cinza, como apontado por Couto et al. [ERALW] e Luis Cruz et al. [PGEEMA], indicam que fatores como o uso de GPS, dados móveis e a iluminação da tela têm impactos consideráveis na eficiência energética. No entanto, a extensão desse impacto e como variações no uso desses recursos podem afetar a vida útil da bateria ainda são pouco compreendidos.

Este projeto pretende desenvolver um guia prático para utilizadores de dispositivos móveis, cobrindo tópicos cruciais como a gestão do brilho da tela, gestão de aplicações em segundo plano, uso eficiente de conexões de dados como WiFi e dados móveis.

Para alcançar nossos objetivos, vamos adotar uma abordagem metodológica que inclui recolha de dados de consumo de energia em diferentes cenários de uso, experimentos controlados para avaliar o impacto de diferentes configurações e usos e análise estatística.

Serão feitas recomendações baseadas em evidências recolhidas e analisadas com o intuito de ajudar o utilizador a otimizar o uso de energia dos seus dispositivos no uso diário de forma a contribuir para a redução do impacto ambiental

As recomendações desenvolvidas serão rigorosamente baseadas em evidências coletadas e analisadas, garantindo que sejam tanto práticas quanto eficazes. Este guia não só ajudará os usuários a otimizar o uso de energia de seus dispositivos prolongando a vida útil do dispositivo, mas também contribuirá para a redução do impacto ambiental associado ao uso intensivo dos dispositivos.

# Viabilidade e Pertinência

Nos anos 80 e 90 os telemóveis eram vistos como simples ferramentas de comunicação.

Nos dias de hoje o telemóvel foi substituído pelo smartphone que são dispositivos multifuncionais que podem ser usados para uma variedade de propósitos, desde navegação na internet, redes sociais, jogos, fotografia, trabalho, até ao uso de várias aplicações para tarefas diárias simples ou complexas. O uso intensivo de smartphones levanta preocupações com a eficiência energética.

Mesmo com avanços frequentes em hardware e software a gestão eficiente de energia ainda depende significativamente das práticas adotadas pelos utilizadores. A maioria dos utilizadores não faz ideia que o simples uso diário do dispositivo têm um impacto na vida útil da bateria e no desempenho geral do dispositivo, por isso mesmo é importante educar os utilizadores sobre práticas eficazes para economizar energia de forma a prolongar a vida útil da bateria e do dispositivo.

O foco do nosso projeto é sobretudo fornecer informações claras e métodos práticos para otimizar o uso de energia nos dispositivos entre as quais o ajuste do brilho da tela assim como outras configurações baseadas no ambiente e no uso.

# Benchmarking

No estudo de D. Hao et al. [CSLLEIAA], observamos métodos avançados para calcular a eficiência energética de aplicações Android, incluindo a análise detalhada do consumo de energia por funcionalidades específicas das apps. Esta pesquisa oferece uma base sólida para entender como diferentes componentes das aplicações impactam a bateria. A nossa abordagem pretende expandir essas observações, combinando a recolha de dados energéticos do hardware com ferramentas de processamento e testes automatizados o que vai permitir uma avaliação do consumo de energia de forma mais detalhada e para aplicar otimizações específicas baseadas em dados empiricamente validados.

Embora tenham sido feitos alguns avanços na análise da eficiência energética, identificamos uma lacuna neste espaço referenciado pelo trabalho de Wilke et al. [ECEMAAUFS], que é a falta de quantificação do consumo de energia das aplicações na vida útil da bateria. Enquanto muitos estudos destacam fatores como o uso de GPS, CPU, e atividades em segundo plano como grandes consumidores de energia, há uma necessidade de análises mais detalhadas para poder aplicar estratégias de economia de energia mais eficazes. A nossa pesquisa procura preencher essa lacuna por meio de uma série de testes controlados que isolam e medem o impacto energético de cada um desses fatores.

Identificamos vários fatores primários baseados na literatura cinza que podem ser ajustados pelos utilizadores para economizar energia, como por exemplo o brilho da tela, a conectividade, aplicações em segundo plano entre outras funcionalidades

O nosso método inclui a criação de benchmarks que combinem análises quantitativas e qualitativas. Usaremos ferramentas de análise de consumo de energia em tempo real para medir o impacto de aplicações específicas e configurações de dispositivos em diversos cenários de uso.

Ao testar e analisar problemas de eficiência energética identificados em estudos prévios, esperemos que a nossa pesquisa contribua significativamente para otimizar a gestão do consumo de bateria. Os resultados esperados são a criação de recomendações baseadas em evidências que possam ser aplicadas pelos utilizadores para melhorar a sustentabilidade e a eficiência energética de dispositivos móveis.

# Engenharia

Este capítulo detalha a engenharia do sistema, é abordado os requisitos dos sistemas, funcionais e não funcionais assim como casos de uso, diagrama de atividade e a estrutura do projeto.

## Levantamento e Analise dos Requisitos

Aqui é feita uma distinção clara entre requisitos funcionais e não funcionais. Os requisitos funcionais descrevem as funcionalidades específicas que o sistema deve oferecer, como a recolha de dados de desempenho e consumo energético, testes de interface do utilizador, e a integração com ferramentas de desenvolvimento. Já os requisitos não funcionais focam em aspectos como eficiência, usabilidade, confiabilidade, performance e escalabilidade, que são cruciais para a operação eficiente do sistema.

### Requisitos Funcionais (RF):

**(RF1) - Recolha de dados:** Capacidade do sistema de recolher dados de desempenho e consumo energético de forma precisa e abrangente, usando o Ebserver. Isso inclui monitorar variáveis como uso de CPU, estado da tela e voltagem.

**(RF2) - Testes de Interface do Utilizador (UI):** Implementação de testes automatizados de UI utilizando o Espresso, para garantir a eficiência energética e a usabilidade das aplicações.

**(RF3) - Integração com o Ambiente de Desenvolvimento:** Integração eficaz do sistema com o ambiente de desenvolvimento Android, incluindo o uso do Android Studio para desenvolvimento de aplicações e do ADB.

### Requisitos Não Funcionais (RNF):

**(RNF1) - Eficiência na Recolha de Dados:** Garantir que o Ebserver recolhe dados de forma eficiente e precisa, minimizando o processamento e maximizando a utilidade das informações obtidas.

**(RNF2) - Usabilidade e Acessibilidade do Android Studio:** Assegurar que o Android Studio esteja operacional e intuitivo.

**(RNF3) - Confiabilidade de testes:** Testes realizados pelo Espresso e ADB devem ser precisos e confiáveis, fornecendo resultados consistentes para a avaliação do desempenho energético das aplicações.

**(RNF4**) **- Performance e Escalabilidade:** O sistema deve ser capaz de lidar com uma variedade de cenários de teste e volumes de dados, mantendo um alto nível de performance e a capacidade de funcionar conforme necessário.

## Casos de Uso

**Caso de Uso 1** - Recolha de Dados de Desempenho e Energia: O programador interage com o Ebserver para iniciar a recolha de dados de desempenho e consumo energético do dispositivo. Esta ação é automatizada.

**Caso de Uso 2** - Desenvolvimento de Aplicações no Android Studio: Os programadores utilizam o Android Studio para testar aplicações, integrando diretamente com ferramentas de teste e análise de desempenho.

**Caso de Uso 3** - Execução de Testes Automatizados com Espresso e ADB: Após o desenvolvimento, as aplicações são testadas automaticamente utilizando o Espresso, com a ADB facilitando a recolha de dados adicionais.

## Diagramas de Atividade BPMN

Nestas figuras está representado uma ilustração do diagrama de atividade que mostra o processo do levantamento de requisitos e de alguns casos de uso.

Uma imagem com texto, captura de ecrã, diagrama, círculo

Descrição gerada automaticamente

Figura 1 - Processo de Levantamento de Requisitos

Uma imagem com texto, captura de ecrã, círculo, Tipo de letra

Descrição gerada automaticamente

Figura 2 – Casos de Uso

## Modelo de Classes

Diagrama que identifica classes algumas das classes mais utilizadas, como BatteryDrainTestActivity e FlashlightTestActivity, e suas relações. Inclui métodos importantes, variáveis membro, e como essas classes interagem com as ferramentas de teste.

Uma imagem com texto, captura de ecrã, Paralelo, diagrama

Descrição gerada automaticamente

Figura 3 - Diagrama de Classes

Uma imagem com texto, captura de ecrã, diagrama, Paralelo

Descrição gerada automaticamente

Figura 4 - Diagrama de Classes

## Estrutura do Projecto

Estrutura do projeto no Android Studio, que reflete um projeto com foco em testes, para analisar e melhorar a eficiência energética das aplicações Android. É neste programa onde são feitos os testes.

Uma imagem com texto, captura de ecrã, software, Software de multimédia

Descrição gerada automaticamente

Figura 5 - Pacotes e Classes

# Solução Proposta

## Introdução

A solução proposta consiste em otimizar o consumo de energia em dispositivos móveis. A nossa proposta é o desenvolvimento de um guia prático e intuitivo para os utilizadores terem a capacidade de gerir de forma eficiente a energia dos seus dispositivos. Este guia é o resultado de uma abordagem sistemática e metodológica para medir o consumo energético.

A nossa bordagem metodológica inclui uma série de testes rigorosos, desenhados para quantificar o impacto de variáveis críticas como o brilho do ecrã em diferentes níveis de luminosidade e o seu impacto no consumo energético, a avaliação do uso da lanterna do dispositivo como um fator de drenagem da bateria, o refresh rate e o seu impacto no consumo energético, o impacto das notificações no consumo energético, as diferentes conexões de dados e o seu impacto.

Por meio de um processo iterativo de testes e ajustes, propomos oferecer recomendações baseadas em dados para a gestão de energia. O guia vai oferecer estratégias baseadas em evidências, conselhos práticos, e instruções detalhadas para que os utilizadores possam adotar práticas que prolonguem a vida útil da bateria e melhorem a eficiência energética dos seus smartphones.

Para mais informações e acesso ao código-fonte, consulte o seguinte repositório no GitHub: <https://github.com/Tomas-21907834/BasicSample>

## 5.2 Arquitetura

A arquitetura da nossa solução está centralizada em torno do Ebserver, a estrutura conecta-se ao Android Studio para desenvolvimento e ao Espresso para testes de UI, com o Android Debug Bridge (ADB) que facilita a comunicação e execução de testes.

## 5.3 Tecnologias e Ferramentas Utilizadas

Aqui estão as ferramentas essenciais utilizadas no contexto de recolha de dados de desempenho e consumo de energia em dispositivos Android. Cada ferramenta desempenha um papel crucial no ambiente de desenvolvimento, garantindo uma recolha de dados e a realização dos seus testes.

**Ebserver:**

O Ebserver é uma plataforma para recolha de dados de desempenho e consumo de energia em dispositivos Android de forma automatizada.

O Ebserver suporta três ferramentas populares o batterystats, meminfo e procstats que são comandos do Android SDK (Software Development Kit) utilizados para recolher informações detalhadas sobre o consumo de energia, uso da memória e processos em execução.

O batterystats é uma ferramenta no Android SDK que fornece estatísticas detalhadas sobre o consumo de energia do dispositivo que regista o tempo de CPU, estado da tela, voltagem, entre outros e faz análise dos dados sobre como diferentes aplicativos e atividades afetam o consumo de energia.

O meminfo fornece informações sobre o uso da memória no sistema Android assim como detalhes sobre a atribuição de RAM, distinguindo entre atribuição privadas e compartilhadas que é útil para avaliar o impacto do aplicativo no sistema de memória.

**Procstats:**

oferece informações sobre o uso da memória de aplicativos e processos em execução no dispositivo, ajuda a identificar ineficiências e comportamentos inadequados o que é importante para entender como diferentes aplicativos interagem com os recursos do dispositivo durante a execução.

O Ebserver já foi utilizado em estudos previamente publicados como por exemplo o estudo [EARUDCA] que destaca a eficácia do Ebserver na recolha automatizada de métricas cruciais para a análise de desempenho em dispositivos Android assim como a aceitação e incorporação desta ferramenta pela comunidade científica.

**Android Studio:**

O Android Studio é o ambiente de desenvolvimento integrado (IDE) oficial para o desenvolvimento de aplicativos Android desenvolvido pela Google e baseado no IntelliJ IDEA.

Oferece recursos avançados para codificação e emulação de dispositivos para testar aplicativos em diferentes dispositivos Android virtualizados facilita a integração de ferramentas de teste, como por exemplo o Espresso, para avaliação de desempenho e consumo de energia.

**Espresso:**

É um framework de teste para Android para automatizar testes de interface do usuário (UI) de aplicativos Android que permite a criação de testes que interagem diretamente com elementos da interface do utilizador, como botões, campos de texto e outros componentes. Pode ser facilmente integrado ao ambiente de desenvolvimento Android Studio.

**Android Debug Bridge (ADB):**

ADB é uma ferramenta de linha de comando que facilita a comunicação entre um computador e um dispositivo Android que faz parte do Android SDK (Software Development Kit).

O ADB é usado para automatizar tarefas durante os testes, como instalação de aplicativos e recolha de dados de desempenho

**Implementação:**

Para descrever o ambiente produtivo da solução que está a ser desenvolvida, com base nos requisitos para a configuração e execução do Ebserver, considerámos todos os componentes e processos essenciais.

**Componentes do Ambiente Produtivo:**

**Dispositivos Físicos:** Utilizamos dispositivos móveis reais para testes práticos, assegurando que os testes de eficiência energética e desempenho reflitam o uso quotidiano dos utilizadores finais.

**Servidor de Desenvolvimento (Ebserver):**

**Node.js e Express:** O servidor é construído utilizando Node.js, aproveitando o framework Express para gerir as solicitações e respostas dentro da aplicação.

**ADB (Android Debug Bridge):** Ferramenta essencial para permitir a comunicação entre o servidor de desenvolvimento e os dispositivos móveis através de conexão Wi-Fi ou USB.

**Ambiente de Testes:** Utilização de suítes de testes como Espresso e UI Automator para a automação e validação das interfaces do utilizador sob condições reais de operação.

**Configurações de Software:** Ficheiro de Configuração (config.json): Executa as configurações necessárias para diferentes testes, permitindo adaptar e reconfigurar conforme os requisitos de cada teste específico.

**Processos Operacionais:**

**Inicialização do Sistema:** Configuração inicial do dispositivo para comunicação via adb.

Arranque do Ebserver em modo de execução UI, com configurações pré-definidas carregadas do ficheiro JSON.

**Execução de Testes:** Testes automatizados para recolher a voltagem do dispositivo, o consumo de energia total do mesmo, o consumo total do ecrã, a duração do teste e o consumo total da app usada para realizar o teste.

**Recolha dos Dados:**

**Scripts:** Python para recolher todos os dados necessários de forma automática, assim como a criação de gráficos e tabelas baseado nos dados do ficheiro de texto que o Ebserver forneceu.

## 5.5 Abrangência

O projeto aplica conceitos de fundamentos de programação e computação móvel. A implementação prática e a análise de dados visam melhorar diretamente a eficiência energética dos dispositivos, aplicando os conhecimentos adquiridos nestas áreas.

# Plano de testes e validação

O método e planeamento do projeto envolve a realização de uma série de testes feitos para avaliar o impacto de diferentes fatores no consumo de energia em dispositivos Android. Cada teste é estruturado com um objetivo claro, hipóteses definidas, um método específico para recolha de dados e uma estratégia de análise.

**Brilho da tela:** o brilho da tela é executado quando estamos a visualizar vídeos no Youtube com níveis de brilho da tela diferentes para o mesmo tempo de uso.

**Lanterna:** a lanterna é executada quando entramos na app da lanterna e ligamos o flashlight.

**Refresh Rate:** o refresh rate é executado quando estamos a visualizar o mesmo vídeo no Youtube com uma taxa de atualização de 60Hz e uma taxa de atualização de 120Hz durante o mesmo tempo.

**Light Mode/Dark Mode:** o light mode e o dark mode são executados num ambiente onde escrevemos textos em um editor de textos com durações diferentes.

**Recolha de testes e Resultados:** A recolha de dados é realizada por scripts em Python, que automaticamente extraem determinados valores dos ficheiros de texto gerados após a execução dos testes. Estes scripts transformam esses dados em DataFrames, permitindo a sua avaliação através de tabelas e figuras geradas automaticamente.

## Testes de desenvolvimento

Desenvolvimento de testes com objectivos específico, hipóteses a serem testadas, um método definido para a realização dos testes e estratégias de análise para interpretar os resultados.

### **Teste 1** - Impacto do Brilho da Tela no Consumo de Energia:

**Objetivo**: Avaliar como os diferentes níveis de brilho da tela afetam o consumo de energia.

**Hipóteses**:

**H0(Hipótese Nula)**: O brilho da tela não influencia o consumo de energia.

**H1(Hipótese Alternativa)**: O brilho da tela influencia o consumo de energia.

**Método**: Reprodução de um vídeo no YouTube por 2 minuto em diferentes níveis de brilho (100%, 75%, 50%, 25%, 0%), mantendo constantes a temperatura ambiente e sem outras aplicações em execução.

**Análise**: Comparação do consumo de energia em cada nível de brilho, seguida de uma análise estatística.

#### **Resultados e Análise do brilho a 100%**

Uma imagem com texto, captura de ecrã, diagrama, Gráfico

Descrição gerada automaticamente

Figura 6 – Media Consumo Energia Total com o brilho a 100%

Podemos concluir que, com o brilho da tela ajustado a 100%, o consumo de energia total (Computed Drain) apresenta o maior valor. No entanto, a maior parte da energia consumida durante o teste é atribuída ao Screen Energy que consumiu uma quantidade considerável de energia, representando 78.3% do consumo de energia total. Em relação ao UID u0a214(app Youtube), concluímos que a sua contribuição para o consumo total do dispositivo é insignificante, representando apenas 0.052% do consumo de energia total. Considerando a média do consumo de energia total é 113.53 joules com um desvio padrão de 81.97 joules

Uma imagem com texto, captura de ecrã, número, Tipo de letra

Descrição gerada automaticamente

Figura 7 – Tabela com valores recolhidos para o consumo Energia Total com o brilho a 100%

##### *Análise Estatística*

Uma imagem com texto, captura de ecrã, Tipo de letra, file

Descrição gerada automaticamente

Figura 8 – Cálculo do p-value

Para avaliar a hipótese que o brilho do ecrã afeta o consumo de energia foi realizada um teste estatístico na imagem anterior que prova que o p-value encontrado é inferior a 0.05 o que permite rejeitar a hipótese nula em favor da hipótese alternativa.

##### *Discussão de Resultados*

Os resultados indicam que o brilho no ecrã a 100% na visualização do vídeo no youtube de 2 min tem um impacto significativo no consumo de energia o que reforça a necessidade de implementar estratégias de gestão de energia mais eficientes.

#### **Resultados e Análise do brilho a 75%**

Uma imagem com texto, captura de ecrã, diagrama, Gráfico

Descrição gerada automaticamente

Figura 9 – Media Consumo Energia Total com o brilho a 75%

Podemos concluir que, com o brilho da tela ajustado a 75%, o consumo de energia total (Computed Drain) apresenta o maior valor. Ou seja, a maior parte da energia consumida durante o teste é atribuída ao consumo total do dispositivo móvel. Observamos também que, embora o Screen Energy consuma uma quantidade considerável de energia, representa 32.44% do consumo de energia total. Em relação ao UID u0a214(app Youtube), concluímos que a sua contribuição para o consumo total do dispositivo é insignificante, representando apenas 0.033% do consumo de energia total. Considerando a média do consumo de energia total é 92.05 joules com um desvio padrão de 86.80 joules

Uma imagem com texto, captura de ecrã, número, Tipo de letra

Descrição gerada automaticamente

Figura 10 – Tabela com valores recolhidos para o consumo Energia Total com o brilho a 75%

##### *Análise Estatística*

Uma imagem com texto, captura de ecrã, Tipo de letra, file

Descrição gerada automaticamente

Figura 11 – Cálculo do p-value

Para avaliar a hipótese que o brilho do ecrã afeta o consumo de energia foi realizada um teste estatístico na imagem anterior que prova que o p-value encontrado é inferior a 0.05 o que permite rejeitar a hipótese nula em favor da hipótese alternativa.

##### *Discussão de Resultados*

Ao reduzir o brilho do ecrã para 75% durante a reprodução de vídeos no Youtube com uma duração de 2 minutos temos uma redução significativa no consumo de energia. Os resultados apontam para uma poupança de 54.77% na energia utilizada pelo ecrã em comparação com o brilho a 100%

#### **Resultados e Análise do brilho a 50%**

Uma imagem com texto, captura de ecrã, diagrama, Retângulo

Descrição gerada automaticamente

Figura 12 – Media Consumo Energia Total com o brilho a 50%

Podemos concluir que, com o brilho da tela ajustado a 50%, o consumo de energia total (Computed Drain) apresenta o maior valor. Ou seja, a maior parte da energia consumida durante o teste é atribuída ao consumo total do dispositivo móvel. Observamos também que, embora o Screen Energy consuma uma quantidade considerável de energia, representa apenas 25.47% do consumo de energia total. Em relação ao UID u0a214(app Youtube), concluímos que a sua contribuição para o consumo total do dispositivo é insignificante, representando apenas 0,033% do consumo de energia total. Considerando a média do consumo de energia total é 88.59 joules com um desvio padrão de 89.82 joules

Uma imagem com texto, captura de ecrã, número, Tipo de letra

Descrição gerada automaticamente

Figura 13 – Tabela com valores recolhidos para o consumo Energia Total com o brilho a 50%

##### *Análise Estatística*

Uma imagem com texto, captura de ecrã, Tipo de letra, file

Descrição gerada automaticamente

Figura 14 14 – Cálculo do p-value

Para avaliar a hipótese que o brilho do ecrã afeta o consumo de energia foi realizada um teste estatístico na imagem anterior que prova que o p-value encontrado é inferior a 0.05 o que permite rejeitar a hipótese nula em favor da hipótese alternativa.

##### *Discussão de Resultados*

Ao reduzir o brilho do ecrã para 50% durante a reprodução de vídeos no Youtube com uma duração de 2 minutos temos uma redução significativa no consumo de energia. Os resultados apontam para uma poupança de 63.92% na energia utilizada pelo ecrã em comparação com o brilho a 100% o que origina um ganho de 9.15% em comparação com o brilho a 75%

#### **Resultados e Análise do brilho a 25%**

Uma imagem com texto, captura de ecrã, diagrama, número

Descrição gerada automaticamente

Figura 15 – Media Consumo Energia Total com o brilho a 25%

Podemos concluir que, com o brilho da tela ajustado a 25%, o consumo de energia total (Computed Drain) apresenta o maior valor. Ou seja, a maior parte da energia consumida durante o teste é atribuída ao consumo total do dispositivo móvel. Observamos também que, embora o Screen Energy consuma uma quantidade considerável de energia, representa apenas 17,97% do consumo de energia total. Em relação ao UID u0a214(app Youtube), concluímos que a sua contribuição para o consumo total do dispositivo é insignificante, representando apenas 0,033% do consumo de energia total. Considerando a média do consumo de energia total é 82.53 joules com um desvio padrão de 91.30 joules

Uma imagem com texto, captura de ecrã, número, Tipo de letra

Descrição gerada automaticamente

Figura 16 – Tabela com valores recolhidos para o consumo Energia Total com o brilho a 25%

##### *Análise Estatística*

Uma imagem com texto, captura de ecrã, Tipo de letra, file

Descrição gerada automaticamente

Figura 17 – Cálculo do p-value

Para avaliar a hipótese que o brilho do ecrã afeta o consumo de energia foi realizada um teste estatístico na imagem anterior que prova que o p-value encontrado é inferior a 0.05 o que permite rejeitar a hipótese nula em favor da hipótese alternativa.

##### *Discussão de Resultados*

Ao reduzir o brilho do ecrã para 25% durante a reprodução de vídeos no Youtube com uma duração de 2 minutos temos uma redução significativa no consumo de energia. Os resultados apontam para uma poupança de 74.78% na energia utilizada pelo ecrã em comparação com o brilho a 100% o que origina um ganho de 10.86% em comparação com o brilho a 50%

#### **Resultados e Análise do brilho a 0%**

Uma imagem com texto, captura de ecrã, diagrama, número

Descrição gerada automaticamente

Figura 18 – Media Consumo Energia Total com o brilho a 0%

Podemos concluir que, com o brilho da tela ajustado a 0%, o consumo de energia total (Computed Drain) apresenta o maior valor. Ou seja, a maior parte da energia consumida durante o teste é atribuída ao consumo total do dispositivo móvel. Observamos também que, embora o Screen Energy consuma uma quantidade considerável de energia, representa apenas 15,78% do consumo de energia total. Em relação ao UID u0a214(app Youtube), concluímos que a sua contribuição para o consumo total do dispositivo é insignificante, representando apenas 0,053% do consumo de energia total. Considerando a média do consumo de energia total é 80.45 joules com um desvio padrão de 91.46 joules

Uma imagem com texto, captura de ecrã, número, Tipo de letra

Descrição gerada automaticamente

Figura 19 – Tabela com valores recolhidos para o consumo Energia Total com o brilho a 0%

##### *Análise Estatística*

Uma imagem com texto, captura de ecrã, Tipo de letra, file

Descrição gerada automaticamente

Figura 20 – Cálculo do p-value

Para avaliar a hipótese que o brilho do ecrã afeta o consumo de energia foi realizada um teste estatístico na imagem anterior que prova que o p-value encontrado é inferior a 0.05 o que permite rejeitar a hipótese nula em favor da hipótese alternativa.

##### *Discussão de Resultados*

Ao reduzir o brilho do ecrã para 0% durante a reprodução de vídeos no Youtube com uma duração de 2 minutos temos uma redução praticamente inexistente no consumo de energia. Os resultados apontam para uma poupança de 78.04% na energia utilizada pelo ecrã em comparação com o brilho a 100%, no entanto é apenas um ganho de 3.26% em comparação com o brilho a 25%

#### **Conclusão teste brilho da tela**

Com base nas análises estatísticas podemos concluir que o p-value é sempre inferior a 0.05 em todos os casos o que permite rejeitar a hipótese nula em favor da hipótese alternativa ou seja o brilho da tela influencia o consumo de energia quando estamos a ver vídeos no youtube.

Os resultados demonstram que podemos poupar energia do dispositivo destinado a tela, com poupança de energia acima dos 50% ao reduzir o brilho do ecrã para valores abaixo dos 100% logo podemos concluir que uma estratégia eficaz para os usuários adotarem para economizar energia é ajustar o brilho da tela para níveis mais baixos.

### Teste 2 - Impacto da Lanterna no Consumo de Energia:

**Objetivo:** Determinar o efeito do uso da lanterna no consumo de energia.

**Hipóteses:**

**H0(Hipótese Nula)**: O uso da lanterna não altera significativamente o consumo de energia.

**H1(Hipótese Alternativa):** O uso da lanterna altera o consumo de energia.

**Método:** Uso da câmara com a lanterna ligada por períodos variados (1 minuto, 2minutos, 3 minutos).

**Análise:** Medição do consumo da bateria, seguida de uma análise estatística.

#### **Resultados e Análise da lanterna desligada durante 3 minutos**

A graph of energy consumption

Description automatically generated

Figura 21 – Media Consumo Energia Total com a lanterna desligada durante 3 minutos

Podemos concluir que, com a lanterna desligada durante 3 minutos, o consumo de energia total (Computed Drain) apresenta o maior valor. Ou seja, a maior parte da energia consumida durante o teste é atribuída ao consumo total do dispositivo móvel. Em relação ao UID u0a428(app Lanterna), concluímos que a sua contribuição para o consumo total do dispositivo representa 0.01% do consumo de energia total. Observamos também que, o Screen Energy consume uma quantidade muito superior de energia, representa 30.09% do consumo de energia total. Considerando a média do consumo de energia total é 97.18 joules com um desvio padrão de 93.86 joules

A table with numbers and lines

Description automatically generated

Figura 22 – Tabela com valores recolhidos para o consumo Energia Total com a lanterna desligada durante 3 minutos.

##### *Análise Estatística*

A screenshot of a computer

Description automatically generated

Figura 23 – Cálculo do p-value

Para avaliar a hipótese que o uso da lanterna afeta o consumo de energia foi realizada um teste estatístico na imagem anterior que prova que o p-value encontrado é inferior a 0.05 o que permite rejeitar a hipótese nula em favor da hipótese alternativa.

##### *Discussão de Resultados*

O consumo de energia com a lanterna desligada durante 3 min indica que o maior consumo está no total do dispositivo (Computed Drain), seguido pelo Screen Energy, que tem um impacto significativo. O impacto do UID u0a428 (aplicação Lanterna) é praticamente insignificante.

#### **Resultados e Análise do lanterna desligada durante 2 minutos**

A graph with a bar and a number of bars

Description automatically generated with medium confidence

Figura 24 – Media Consumo Energia Total com a lanterna desligada durante 2 minutos

Podemos concluir que, com a lanterna desligada durante 2 minutos, o consumo de energia total (Computed Drain) apresenta o maior valor. Ou seja, a maior parte da energia consumida durante o teste é atribuída ao consumo total do dispositivo móvel. Em relação ao UID u0a428(app Lanterna), concluímos que a sua contribuição para o consumo total do dispositivo representa 0.01% do consumo de energia total. Observamos também que, o Screen Energy consume uma quantidade muito superior de energia, representa 30.21% do consumo de energia total. Considerando a média do consumo de energia total é 65.95 joules com um desvio padrão de 63.61 joules

A screenshot of a graph

Description automatically generated

Figura 25 – Tabela com valores recolhidos para o consumo Energia Total com a lanterna desligada durante 2 minutos.

##### *Análise Estatística*

A screenshot of a computer error

Description automatically generated

Figura 26 – Cálculo do p-value

Para avaliar a hipótese que o uso da lanterna afeta o consumo de energia foi realizada um teste estatístico na imagem anterior que prova que o p-value encontrado é inferior a 0.05 o que permite rejeitar a hipótese nula em favor da hipótese alternativa.

##### *Discussão de Resultados*

O consumo de energia com a lanterna desligada durante 2 min indica que o maior consumo está no total do dispositivo (Computed Drain), seguido pelo Screen Energy, que tem um impacto significativo. O impacto do UID u0a428 (aplicação Lanterna) é praticamente insignificante.

#### **Resultados e Análise da lanterna desligada durante 1 minuto**

A graph with a bar and a number of numbers

Description automatically generated with medium confidence

Figura 27 – Media Consumo Energia Total com a lanterna desligada durante 1 minuto

Podemos concluir que, com a lanterna desligada durante 1 minutos, o consumo de energia total (Computed Drain) apresenta o maior valor. Ou seja, a maior parte da energia consumida durante o teste é atribuída ao consumo total do dispositivo móvel. Em relação ao UID u0a428(app Lanterna), concluímos que a sua contribuição para o consumo total do dispositivo representa 0.02% do consumo de energia total. Observamos também que, o Screen Energy consume uma quantidade muito superior de energia, representa 23.93% do consumo de energia total. Considerando a média do consumo de energia total é 39.46 joules com um desvio padrão de 40.70 joules

A table with numbers and lines

Description automatically generated

Figura 28 – Tabela com valores recolhidos para o consumo Energia Total com a lanterna desligada durante 1 minuto.

##### *Análise Estatística*

A screenshot of a computer

Description automatically generated

Figura 29 – Cálculo do p-value

Para avaliar a hipótese que o uso da lanterna afeta o consumo de energia foi realizada um teste estatístico na imagem anterior que prova que o p-value encontrado é inferior a 0.05 o que permite rejeitar a hipótese nula em favor da hipótese alternativa.

##### *Discussão de Resultados*

O consumo de energia com a lanterna desligada durante 1 min indica que o maior consumo está no total do dispositivo (Computed Drain), seguido pelo Screen Energy, que tem um impacto significativo. O impacto do UID u0a428 (aplicação Lanterna) é praticamente insignificante.

#### **Resultados e Análise da lanterna ligada durante 3 minutos**

Uma imagem com texto, captura de ecrã, diagrama, Retângulo

Descrição gerada automaticamente

Figura 30 – Media Consumo Energia Total com a lanterna ligada durante 3 minutos

Podemos concluir que, com a lanterna ligada durante 3 minutos, o consumo de energia total (Computed Drain) apresenta o maior valor. Ou seja, a maior parte da energia consumida durante o teste é atribuída ao consumo total do dispositivo móvel. Em relação ao UID u0a424(app Lanterna), concluímos que a sua contribuição para o consumo total do dispositivo representa 43.46% do consumo de energia total. Observamos também que, o Screen Energy consume uma quantidade inferior de energia, representa apenas 24.42% do consumo de energia total. Considerando a média do consumo de energia total é 157.82 joules com um desvio padrão de 90.51 joules

A table with numbers and lines

Description automatically generated

Figura 31 – Tabela com valores recolhidos para o consumo Energia Total com a lanterna ligada durante 3 minutos.

##### *Análise Estatística*

A screen shot of a computer

Description automatically generated

Figura 32 – Cálculo do p-value

Para avaliar a hipótese que o uso da lanterna afeta o consumo de energia foi realizada um teste estatístico na imagem anterior que prova que o p-value encontrado é inferior a 0.05 o que permite rejeitar a hipótese nula em favor da hipótese alternativa.

##### *Discussão de Resultados*

Os dados indicam que o uso da lanterna tem um impacto significativo no consumo de energia total do dispositivo móvel. Isso é evidenciado pela comparação entre o consumo de energia do UID u0a424 (app Lanterna) e o consumo de energia do ecrã (Screen Energy). A lanterna consome quase o dobro da energia em comparação ao ecrã, o que mostra que a lanterna é uma das principais fontes de consumo de energia quando está ligada.

#### **Resultados e Análise da lanterna ligada durante 2 minutos**

Uma imagem com texto, captura de ecrã, diagrama, Retângulo

Descrição gerada automaticamente

Figura 33 – Media Consumo Energia Total com a lanterna ligada durante 2 minutos

Podemos concluir que, com a lanterna ligada durante 2 minutos, o consumo de energia total (Computed Drain) apresenta o maior valor. Ou seja, a maior parte da energia consumida durante o teste é atribuída ao consumo total do dispositivo móvel. Em relação ao UID u0a424(app Lanterna), concluímos que a sua contribuição para o consumo total do dispositivo representa 42.49% do consumo de energia total. Observamos também que, o Screen Energy consume uma quantidade inferior de energia, representa apenas 23,88% do consumo de energia total. Considerando a média do consumo de energia total é 117.03 joules com um desvio padrão de 68.37 joules

A table with numbers and lines

Description automatically generated

Figura 34 – Tabela com valores recolhidos para o consumo Energia Total com a lanterna ligada durante 2 minutos.

##### *Análise Estatística*

A screen shot of a computer

Description automatically generated

Figura 35 – Cálculo do p-value

Para avaliar a hipótese que o uso da lanterna afeta o consumo de energia foi realizada um teste estatístico na imagem anterior que prova que o p-value encontrado é inferior a 0.05 o que permite rejeitar a hipótese nula em favor da hipótese alternativa.

##### *Discussão de Resultados*

A análise revela que o uso da lanterna consome uma quantidade substancial de energia, tanto em termos absolutos quanto relativos ao consumo total do dispositivo móvel. Além disso, o impacto do Screen Energy é também notável, embora seja inferior ao impacto do UID associado à lanterna.

#### **Resultados e Análise da lanterna ligada durante 1 minuto**

Uma imagem com texto, captura de ecrã, diagrama, Retângulo

Descrição gerada automaticamente

Figura 36 – Media Consumo Energia Total com a lanterna ligada durante 1 minuto

Podemos concluir que, com a lanterna ligada durante 1 minuto, o consumo de energia total (Computed Drain) apresenta o maior valor. Ou seja, a maior parte da energia consumida durante o teste é atribuída ao consumo total do dispositivo móvel. Em relação ao UID u0a424(app Lanterna), concluímos que a sua contribuição para o consumo total do dispositivo representa 22.52% do consumo de energia total. Observamos também que, o Screen Energy consume uma quantidade inferior de energia, representa apenas 11.33% do consumo de energia total. Considerando a média do consumo de energia total é 89.64 joules com um desvio padrão de 77.49 joules

A table with numbers and a number of data

Description automatically generated with medium confidence

Figura 37 – Tabela com valores recolhidos para o consumo Energia Total com a lanterna ligada durante 1 minuto.

##### *Análise Estatística*

A screenshot of a computer error

Description automatically generated

Figura 38 – Cálculo do p-value

Para avaliar a hipótese que o uso da lanterna afeta o consumo de energia foi realizada um teste estatístico na imagem anterior que prova que o p-value encontrado é inferior a 0.05 o que permite rejeitar a hipótese nula em favor da hipótese alternativa.

##### *Discussão de Resultados*

Podemos concluir que a lanterna ligada durante 1 minuto tem um impacto significativo no consumo de energia, com a aplicação da lanterna contribuindo substancialmente para o aumento do consumo. Isso sugere que o uso da lanterna em dispositivos móveis pode ter um impacto notável na duração da bateria. Por outro lado, a tela, embora ainda consuma energia, tem um impacto menor em comparação com a aplicação da lanterna.

#### **Conclusão teste Lanterna**

**Lanterna Desligada:**

**3 Minutos:** O consumo de energia total (Computed Drain) foi o maior, com o Screen Energy representando 30.09% e o UID u0a428 (aplicação Lanterna) contribuindo apenas 0.01%.

**2 Minutos:** O Computed Drain também apresentou o maior valor, com o Screen Energy representando 30.21% e o UID u0a428 contribuindo 0.01%.

**1 Minuto:** O Computed Drain foi novamente o maior, com o Screen Energy representando 23.93% e o UID u0a428 contribuindo 0.02%.

**Lanterna Ligada:**

**3 Minutos:** O consumo de energia total (Computed Drain) foi o maior, com o UID u0a424 (aplicação Lanterna) contribuindo 43.46% e o Screen Energy 24.42%.

**2 Minutos:** O Computed Drain apresentou o maior valor, com o UID u0a424 contribuindo 42.49% e o Screen Energy 23.88%.

**1 Minuto:** O Computed Drain foi o maior, com o UID u0a424 contribuindo 22.52% e o Screen Energy 11.33%.

Podemos concluir que a lanterna ligada durante diferentes períodos tem um impacto significativo no consumo de energia do dispositivo móvel. O aumento do consumo de energia é linear, ou seja, o consumo aumenta com o tempo de duração da lanterna ligada. A utilização de uma potência menor na lanterna parece ser uma estratégia válida para reduzir o consumo de energia, no entanto não podemos abordar essa estratégia visto que os dispositivos moveis utilizados nos testes não permitem a diminuição da potência.

### Teste 3 - Impacto do refresh rate na visualização de um video no YouTube

**Objetivo**: Avaliar como diferentes refresh rate afetam o consumo de energia.

**Hipóteses**:

**H0(Hipótese Nula)**: O refresh rate não influencia o consumo de energia.

**H1(Hipótese Alternativa)**: O refresh rate influencia o consumo de energia.

**Método**: Reprodução de um vídeo no YouTube por 2 minuto com taxas de atualização de 60 Hz e 120 Hz.

**Análise**: Observação do consumo de energia, seguida de uma análise estatística.

#### **Resultados e Análise da taxa de atualização a 120Hz**

Uma imagem com texto, captura de ecrã, diagrama, Gráfico

Descrição gerada automaticamente

Figura 39 – Media Consumo Energia Total com taxa de atualização a 120Hz

Podemos concluir que, com a taxa de atualização a 120Hz, o consumo de energia total (Computed Drain) apresenta o maior valor. Ou seja, a maior parte da energia consumida durante o teste é atribuída ao consumo total do dispositivo móvel. Observamos também que, embora o Screen Energy consuma uma quantidade considerável de energia, representa apenas 15.86 % do consumo de energia total. Em relação ao UID u0a214(app Youtube), concluímos que a sua contribuição para o consumo total do dispositivo é insignificante, representando apenas 0.025 % do consumo de energia total. Considerando a média do consumo de energia total é 196.43 joules com um desvio padrão de 223.08 joules

Uma imagem com texto, captura de ecrã, número, Tipo de letra

Descrição gerada automaticamente

Figura 40 – Tabela com valores recolhidos para o consumo Energia Total com taxa de atualização a 120Hz

##### *Análise Estatística*

Uma imagem com texto, captura de ecrã, Tipo de letra, file

Descrição gerada automaticamente

Figura 41 – Cálculo do p-value

Para avaliar a hipótese que a taxa de atualização a 120Hz afeta o consumo de energia foi realizada um teste estatístico na imagem anterior que prova que o p-value encontrado é inferior a 0.05 o que permite rejeitar a hipótese nula em favor da hipótese alternativa.

##### *Discussão de Resultados*

Ao visualizar vídeos no Youtube com uma duração de 2 minutos a 120Hz temos um aumento significativo no consumo de energia total(Computed Drain) e o Screen Energy consome uma quantidade considerável de energia o que reforça a necessidade de implementar estratégias de gestão de energia mais eficientes.

#### **Resultados e Análise da taxa de atualização a 60Hz**

Uma imagem com texto, captura de ecrã, diagrama, Retângulo

Descrição gerada automaticamente

Figura 42 – Media Consumo Energia Total com taxa de atualização a 60Hz

Podemos concluir que, com a taxa de atualização a 60H, o consumo de energia total (Computed Drain) apresenta o maior valor. Ou seja, a maior parte da energia consumida durante o teste é atribuída ao consumo total do dispositivo móvel. Observamos também que, embora o Screen Energy consuma uma quantidade considerável de energia, representa apenas 25.14% do consumo de energia total. Em relação ao UID u0a214(app Youtube), concluímos que a sua contribuição para o consumo total do dispositivo é insignificante, representando apenas 0.068% do consumo de energia total. Considerando a média do consumo de energia total é 67.16 joules com um desvio padrão de 68.31 joules

Uma imagem com texto, captura de ecrã, número, Tipo de letra

Descrição gerada automaticamente

Figura 43 – Tabela com valores recolhidos para o consumo Energia Total com taxa de atualização a 60Hz

##### *Análise Estatística*

Uma imagem com texto, captura de ecrã, Tipo de letra, file

Descrição gerada automaticamente

Figura 44 – Cálculo do p-value

Para avaliar a hipótese que a taxa de atualização a 120Hz afeta o consumo de energia foi realizada um teste estatístico na imagem anterior que prova que o p-value encontrado é inferior a 0.05 o que permite rejeitar a hipótese nula em favor da hipótese alternativa.

##### *Discussão de Resultados*

Ao visualizar vídeos no Youtube com uma duração de 2 minutos a 60Hz temos uma diminuição significativa, quase inacreditavel no consumo de energia total(Computed Drain) de 347.55 J e no Screen Energy de 40.22 J ou seja

#### **Conclusão teste taxa de atualização**

Com base nas análises estatísticas podemos concluir que o p-value é sempre inferior a 0.05 em todos os casos o que permite rejeitar a hipótese nula em favor da hipótese alternativa ou seja o O refresh rate influencia o consumo de energia.

Os resultados demonstram que que o valor de energia consumido pelo despositivo aumenta significativamente com a visualização de videos no youtube a 120Hz, logo uma forma eficaz para os usuários adotarem de forma a economizar energia é de visualizarem videos no youtube a 60Hz se for possivel alterar a taxa de resolução.

### Teste 4 - Impacto da escrita em normal mode e dark mode

**Objetivo**: Investigar como dark mode/light mode afeta o consumo de energia.

**Hipóteses**:

**H0(Hipótese Nula)**: O light mode não consome mais energia que o Dark mode.

**H1(Hipótese Alternativa)**: O Light mode consome mais energia que o Dark mode.

**Método**: Reprodução de um ambiente onde textos são escritos em dark mode e light mode durante 1m,2min,3min.

**Análise**: Medição do consumo de energia, seguida de uma análise estatística.

#### **Resultados e Análise light mode durante 3min**

Uma imagem com texto, captura de ecrã, diagrama, número

Descrição gerada automaticamente

Figura 45 – Media Consumo Energia Total light Mode durante 3min

Podemos concluir que, com o uso do light Mode durante 3min, o consumo de energia total (Computed Drain) apresenta o maior valor. Ou seja, a maior parte da energia consumida durante o teste é atribuída ao consumo total do dispositivo móvel. Observamos também que, embora o Screen Energy consuma uma quantidade considerável de energia, representa apenas 19.19% do consumo de energia total. Em relação ao UID u0a214(reprodução ambiente), concluímos que a sua contribuição para o consumo total do dispositivo é insignificante, representando apenas 0.029% do consumo de energia total. Considerando a média do consumo de energia total é 108.36 joules com um desvio padrão de 118.12 joules

Uma imagem com texto, captura de ecrã, número, Tipo de letra

Descrição gerada automaticamente

Figura 46 – Tabela com valores recolhidos para o consumo Energia Total com Light mode durante 3min

##### *Análise Estatística*

Uma imagem com texto, captura de ecrã, Tipo de letra, file

Descrição gerada automaticamente

Figura 47 – Cálculo do p-value

Para avaliar a hipótese que escrever textos em Light mode afeta o consumo de energia foi realizada um teste estatístico na imagem anterior que prova que o p-value encontrado é inferior a 0.05 o que permite rejeitar a hipótese nula em favor da hipótese alternativa.

##### *Discussão de Resultados*

Vamos comparar directamente os resultados do Light mode durante 3 min com o seu equivalente em Dark mode durante 3 min na secção discussão de resultados do Dark mode.

#### **Resultados e Análise light mode durante 2min**

Uma imagem com texto, captura de ecrã, diagrama, número

Descrição gerada automaticamente

Figura 48 – Media Consumo Energia Total Light Mode durante 2min

Podemos concluir que, com o uso do Light Mode durante 2min, o consumo de energia total (Computed Drain) apresenta o maior valor. Ou seja, a maior parte da energia consumida durante o teste é atribuída ao consumo total do dispositivo móvel. Observamos também que, embora o Screen Energy consuma uma quantidade considerável de energia, representa apenas 16.89% do consumo de energia total. Em relação ao UID u0a214(reprodução ambiente), concluímos que a sua contribuição para o consumo total do dispositivo é insignificante, representando apenas 0.018% do consumo de energia total. Considerando a média do consumo de energia total é 84.15 joules com um desvio padrão de 94.36 joules

Uma imagem com texto, captura de ecrã, número, Tipo de letra

Descrição gerada automaticamente

Figura 49 – Tabela com valores recolhidos para o consumo Energia Total com Light mode durante 2min

##### *Análise Estatística*

Uma imagem com texto, captura de ecrã, Tipo de letra, file

Descrição gerada automaticamente

Figura 50 – Cálculo do p-value

Para avaliar a hipótese que escrever textos em Light mode afeta o consumo de energia foi realizada um teste estatístico na imagem anterior que prova que o p-value encontrado é inferior a 0.05 o que permite rejeitar a hipótese nula em favor da hipótese alternativa.

##### *Discussão de Resultados*

Vamos comparar directamente os resultados do Light mode durante 2 min com o seu equivalente em Dark mode durante 2 min na secção discussão de resultados do Dark mode.

#### **Resultados e Análise Light mode durante 1min**

Uma imagem com texto, captura de ecrã, diagrama, número

Descrição gerada automaticamente

Figura 51 – Media Consumo Energia Total Light Mode durante 1min

Podemos concluir que, com o uso do Light Mode durante 1min, o consumo de energia total (Computed Drain) apresenta o maior valor. Ou seja, a maior parte da energia consumida durante o teste é atribuída ao consumo total do dispositivo móvel. Observamos também que, embora o Screen Energy consuma uma quantidade considerável de energia, representa 21.40% do consumo de energia total. Em relação ao UID u0a214(reprodução ambiente), concluímos que a sua contribuição para o consumo total do dispositivo é insignificante, representando apenas 0.032% do consumo de energia total. Considerando a média do consumo de energia total é 49.90 joules com um desvio padrão de 52.98 joules

Uma imagem com texto, captura de ecrã, número, Tipo de letra

Descrição gerada automaticamente

Figura 52 – Tabela com valores recolhidos para o consumo Energia Total com Light mode durante 3min

##### *Análise Estatística*

Uma imagem com texto, captura de ecrã, Tipo de letra, file

Descrição gerada automaticamente

Figura 53 – Cálculo do p-value

Para avaliar a hipótese que escrever textos em light mode afeta o consumo de energia foi realizada um teste estatístico na imagem anterior que prova que o p-value encontrado é inferior a 0.05 o que permite rejeitar a hipótese nula em favor da hipótese alternativa.

##### *Discussão de Resultados*

Vamos comparar directamente os resultados do dark mode durante 1 min com o seu equivalente em light mode durante 1 min na secção discussão de resultados do Dark mode.

#### **Resultados e Análise dark mode durante 3min**

Uma imagem com texto, captura de ecrã, diagrama, número

Descrição gerada automaticamente

Figura 54 – Media Consumo Energia Total Dark Mode durante 3min

Podemos concluir que, com o uso do Dark Mode durante 3min, o consumo de energia total (Computed Drain) apresenta o maior valor. Ou seja, a maior parte da energia consumida durante o teste é atribuída ao consumo total do dispositivo móvel. Observamos também que, embora o Screen Energy consuma uma quantidade considerável de energia, representa 38.45% do consumo de energia total. Em relação ao UID u0a214(reprodução ambiente), concluímos que a sua contribuição para o consumo total do dispositivo é insignificante, representando apenas 0.058% do consumo de energia total. Considerando a média do consumo de energia total é 86.79 joules com um desvio padrão de 77.38 joules

Uma imagem com texto, captura de ecrã, número, Tipo de letra

Descrição gerada automaticamente

Figura 55 – Tabela com valores recolhidos para o consumo Energia Total com Dark mode durante 3min

##### *Análise Estatística*

Uma imagem com texto, captura de ecrã, Tipo de letra, file

Descrição gerada automaticamente

Figura 56 – Cálculo do p-value

Para avaliar a hipótese que escrever textos em Dark mode afeta o consumo de energia foi realizada um teste estatístico na imagem anterior que prova que o p-value encontrado é inferior a 0.05 o que permite rejeitar a hipótese nula em favor da hipótese alternativa.

##### *Discussão de Resultados*

Ao utilizar o Dark mode em vez do Light mode durante 3min em ambiente controlado para escrever textos durante 3min temos uma redução no consumo de energia total (Computed Drain) de 31.05% o que apoia a ideia que o utilizar pode poupar no consumo de energia do seu dispositivo se utilizar ambientes, apps em dark mode.

#### **Resultados e Análise Dark mode durante 2min**

Uma imagem com texto, captura de ecrã, diagrama, Gráfico

Descrição gerada automaticamente

Figura 57 – Media Consumo Energia Total Dark Mode durante 2min

Podemos concluir que, com o uso do Dark Mode durante 2min, o consumo de energia total (Computed Drain) apresenta o maior valor. Ou seja, a maior parte da energia consumida durante o teste é atribuída ao consumo total do dispositivo móvel. Observamos também que, embora o Screen Energy consuma uma quantidade considerável de energia, representa 30.37% do consumo de energia total. Em relação ao UID u0a214(reprodução ambiente), concluímos que a sua contribuição para o consumo total do dispositivo é insignificante, representando apenas 0.043% do consumo de energia total. Considerando a média do consumo de energia total é 70.49 joules com um desvio padrão de 67.86 joules

Uma imagem com texto, captura de ecrã, número, Tipo de letra

Descrição gerada automaticamente

Figura 58 – Tabela com valores recolhidos para o consumo Energia Total com Dark mode durante 2min

##### *Análise Estatística*

Uma imagem com texto, captura de ecrã, Tipo de letra, file

Descrição gerada automaticamente

Figura 59 – Cálculo do p-value

Para avaliar a hipótese que escrever textos em dark mode afeta o consumo de energia foi realizada um teste estatístico na imagem anterior que prova que o p-value encontrado é inferior a 0.05 o que permite rejeitar a hipótese nula em favor da hipótese alternativa.

##### *Discussão de Resultados*

Ao utilizar o Dark mode em vez do Light mode durante 2min em ambiente controlado para escrever textos durante 3min temos uma redução no consumo de energia total (Computed Drain) de 24.89% o que apoia a ideia que o utilizar pode poupar no consumo de energia do seu dispositivo se utilizar ambientes, apps em dark mode.

#### **Resultados e Análise Dark mode durante 1min**

Uma imagem com texto, captura de ecrã, diagrama, número

Descrição gerada automaticamente

Figura 60 – Media Consumo Energia Total Dark Mode durante 1min

Podemos concluir que, com o uso do Dark Mode durante 1min, o consumo de energia total (Computed Drain) apresenta o maior valor. Ou seja, a maior parte da energia consumida durante o teste é atribuída ao consumo total do dispositivo móvel. Observamos também que, embora o Screen Energy consuma uma quantidade considerável de energia, representa apenas 18.88% do consumo de energia total. Em relação ao UID u0a214(reprodução ambiente), concluímos que a sua contribuição para o consumo total do dispositivo é insignificante, representando apenas 0.038% do consumo de energia total. Considerando a média do consumo de energia total é 40.98 joules com um desvio padrão de 44.83 joules

Uma imagem com texto, captura de ecrã, número, Tipo de letra

Descrição gerada automaticamente

Figura 61 – Tabela com valores recolhidos para o consumo Energia Total com Dark mode durante 1min

##### *Análise Estatística*

Uma imagem com texto, captura de ecrã, Tipo de letra

Descrição gerada automaticamente

Figura 62– Cálculo do p-value

Para avaliar a hipótese que escrever textos em light mode afeta o consumo de energia foi realizada um teste estatístico na imagem anterior que prova que o p-value encontrado é inferior a 0.05 o que permite rejeitar a hipótese nula em favor da hipótese alternativa.

##### *Discussão de Resultados*

Ao utilizar o Dark mode em vez do Light mode durante 1min em ambiente controlado para escrever textos durante 1min temos uma redução no consumo de energia total (Computed Drain) de 16.14% o que apoia a ideia que o utilizar pode poupar no consumo de energia do seu dispositivo se utilizar ambientes, apps em dark mode.

#### **Conclusão teste Dark mode vs Light mode**

Com base nas análises estatísticas podemos concluir que o p-value é sempre inferior a 0.05 em todos os casos o que permite rejeitar a hipótese nula em favor da hipótese alternativa ou seja o Light mode consome mais energia que o Dark Mode.

Os resultados demonstram que que o valor de energia consumido pelo despositivo aumenta significativamente com o uso do Light mode, logo uma forma eficaz para os usuários adotarem de forma a economizar energia é usarem apps, motores de buscar, ou seja tudo o que for possivel em dark mode.

# Método e Planeamento

## Plano de trabalho em formato Gantt

O calendário do projeto foi planeado em quatro fases distintas, cada uma com 15 dias de execução, com objetivos específicos e entregas delineadas o que garante uma progressão estruturada e eficaz do projeto.

Uma imagem com texto, captura de ecrã, número, Tipo de letra

Descrição gerada automaticamente

Figura 63 - Formato Gantt Parte I

Uma imagem com texto, captura de ecrã, file, número

Descrição gerada automaticamente

Figura 64 - Formato Gantt Parte II

### Fase 1: Intercalar 1º Semestre

**Elaboração do Project Charter:** Definição dos objetivos do projeto.

**Investigação Documental:** Pesquisa de artigos científicos relacionados à eficiência energética em dispositivos móveis.

**Análise dos Documentos:** Avaliação crítica dos artigos e documentos pesquisados.

**Relatório Inicial:** Documentação inicial

**Ajustes no Relatório:** Melhoria do relatório baseado em feedbacks.

**Entrega do Relatório:** Submissão do relatório finalizado para avaliação

### Fase 2: Intermédia 1º Semestre

**Configuração do Ambiente de Testes:** Preparação e instalação do ambiente de desenvolvimento e testes.

**Desenvolvimento Preliminar:** Início do desenvolvimento de aplicações e testes.

**Execução dos Testes Preliminares:** Realização dos primeiros testes práticos.

**Recolha de dados:** Recolha de dados obtidos nos testes.

**Ajustes no Relatório:** Atualização do relatório com novos dados e análises.

**Entrega:** Submissão da atualização do relatório.

### Fase 3: Intercalar 2º Semestre - Parte 1

**Desenvolvimentos no Projeto:** Continuação do desenvolvimento e dos testes.

**Testes:** Execução contínua de testes para recolha de dados.

**Recolha de Dados:** Compilação e análise dos dados coletados.

**Ajustes no Relatório:** Incorporação dos resultados e análises no relatório.

**Entrega:** Submissão do relatório atualizado.

### Fase 4: Intercalar 2º Semestre - Parte 2

**Desenvolvimentos Adicionais:** Desenvolvimentos finais e adicionais.

**Testes Finais:** Realização dos últimos testes e recolha de dados.

**Recolha de dados:** Análise dos dados recolhidos e preparação de conclusões.

**Ajustes Finais no Relatório:** Revisão final e incorporação de todas as análises e conclusões.

**Entrega Final:** Submissão do relatório final.

## Tarefas realizadas

Realizamos todas as tarefas propostas para fundamentar o guia para o utilizador e recolhemos todos os dados sobre o impacto do brilho na tela e da lanterna no consumo de energia.

## Dificuldades

Tivemos dificuldades em várias etapas do projeto desde o set up do ambiente de trabalho, a implementação dos testes e até mesmo na recolha de dados.

Parte do nosso código em teoria funcionava, mas na realidade nada fazia, por exemplo para conseguimos testar vídeos no Youtube tivemos de recorrer a métodos intents que não fazia parte do nosso plano de execução original, não conseguimos fazer recolha de dados do consumo energético através de um telemóvel por causa de um espaço no nome do modelo que corrompia os dados.

A recolha dos dados tinha um padrão de escrita diferente dependendo do modelo e por vezes não executava todos os valores de consumo corretamente, por isso tivemos de correr os mesmos testes múltiplas vezes.

Embora tenham aparecido outras dificuldades e adversidades não podemos deixar de agradecer o apoio semanal dado pelo professor Wellington Oliveira que foi essencial para resolver todos os nossos problemas.

## Alterações introduzidas ao plano

A alteração ao plano inicial neste momento foi minimizar os testes na lanterna pois não conseguimos chegar a resultados favoráveis para introduzir no guia ao utilizador.

Tentamos também aborda o efeito do battery save mode no nosso projeto, no entanto o battery save mode aplica um conjunto de restrições muito mais complexo, para alem da redução do brilho da tela, também limita atualizações para segundo plano, desativa animações, reduz a frequência de atualização da tela, limita atividades de rede, desativa conexões e por ai adiante.

O problema está no facto de não ser uma ferramenta viável para efeitos de testes pois funciona de forma diferente para cada modelo, alem disso o battery save mode torna-se mais agressivo a medida que a bateria diminui por isso os testes tornam-se muito inconsistentes.

O consumo de energia não varia significativamente se ligamos ou não o battery save mode com a bateria a 100% na visualização de um vídeo no Youtube de 2min.

Decidimos por isso abordar outras áreas.

Em relação aos testes referentes às notificações, decidimos optar por uma abordagem diferente, que consideramos mais pertinente. Inicialmente, tentámos realizar testes com Google Docs e Google Keep. No entanto, encontrámos alguns obstáculos, principalmente no que diz respeito às permissões, o que dificultou a realização dos testes de forma eficaz.

Por isso, optámos por criar um ambiente controlado onde foram estabelecidas condições específicas para testar o Light Mode e o Dark Mode. Esta abordagem permitiu-nos obter resultados mais precisos e relevantes sobre o impacto destes modos no consumo de energia, evitando os desafios e limitações encontrados nas plataformas mencionadas.

Ao criar este ambiente controlado, conseguimos simular de forma rigorosa e consistente as condições de uso do Light Mode e do Dark Mode, permitindo uma análise detalhada e comparativa dos seus impactos no consumo de energia. Este método revelou-se eficaz para atingir os objetivos dos nossos testes e fornecer recomendações práticas e aplicáveis para os utilizadores.

# Resultados

Neste capítulo apresentamos uma análise geral dos resultados obtidos.

Uma imagem com texto, Tipo de letra, número, captura de ecrã

Descrição gerada automaticamente

Figura 65-Resultados Brilho da tela

**Resultados Brilho da Tela:**

A recolha e análise de dados indicam que o brilho da tela influencia significativamente o consumo de energia ao ver vídeos no YouTube. Os dados recolhidos comprovam que a diminuição do brilho de 100% para qualquer outro valor pode resultar numa poupança de energia acima dos 50%. No entanto, é importante notar que, embora a redução do brilho abaixo de 100% traga poupanças significativas, os ganhos começam a diminuir drasticamente à medida que se aproxima de valores mais baixos, como de 25% para 0%. Esta descoberta foi surpreendente, pois esperava-se uma poupança de energia mais linear.

Em resumo, ajustar o brilho da tela para valores abaixo de 100% é uma estratégia eficaz para economizar energia, mas os benefícios adicionais tornam-se marginalmente menores quando o brilho é reduzido de 25% para 0%.

Uma imagem com texto, captura de ecrã, número, Tipo de letra

Descrição gerada automaticamente

Figura 66 - Resultados da Lanterna

**Resultados Lanterna:**

Podemos concluir que a lanterna ligada durante diferentes períodos tem um impacto significativo no consumo de energia do dispositivo móvel. O aumento do consumo de energia é linear, ou seja, o consumo aumenta com o tempo de duração da lanterna ligada. A utilização de uma potência menor na lanterna parece ser uma estratégia válida para reduzir o consumo de energia, no entanto, os dispositivos móveis utilizados nos testes não permitem a diminuição da potência de forma a comprovar esse facto.

Uma imagem com texto, Tipo de letra, file, número

Descrição gerada automaticamente

Figura 67 - Resultados Taxa de Atualização

**Resultados Taxa de Atualização:**

A recolha e análise de dados indicam que a taxa de atualização (refresh rate) influencia significativamente o consumo de energia. A visualização de vídeos no YouTube a 120Hz resulta num aumento notável do consumo de energia. Por outro lado, reduzir a taxa de atualização para 60Hz proporciona uma redução substancial no consumo de energia, evidenciada por uma diminuição de 347.55 J no consumo total e 40.22 J na Energia do Ecrã. Esta descoberta foi surpreendente, pois a magnitude da poupança de energia ao reduzir a taxa de atualização foi maior do que o esperado. Assim, uma forma eficaz para os usuários economizarem energia é visualizar vídeos a 60Hz, se possível.

Uma imagem com texto, captura de ecrã, número, Tipo de letra

Descrição gerada automaticamente

Figura 68 - Resultados Dark Mode vs Light Mode

**Resultados Light Mode vs. Dark Mode:**

A recolha e análise de dados indicam claramente que o uso do Dark Mode é mais eficiente em termos de consumo de energia em comparação com o Light Mode. Os dados mostram que o Light Mode consome significativamente mais energia, com valores de "Computed Drain" mais elevados em todos os períodos testados. Por exemplo, em um teste de 3 minutos, o Light Mode consome 272.76 J, enquanto o Dark Mode consome apenas 187.98 J, representando uma redução de 31.05% no consumo total de energia. Esta tendência de poupança é consistente em todos os intervalos de tempo avaliados.

**Recomendações para o Utilizador:**

Com base nos dados recolhidos, aqui estão as recomendações para os utilizadores que desejam maximizar a eficiência energética dos seus dispositivos móveis:

**Reduzir o Brilho da Tela**: Sempre que possível, especialmente ao ver vídeos, diminuir o brilho da tela para valores mais baixos pode resultar numa poupança considerável de energia.

**Usar a Lanterna com Moderação**: Reduzir o tempo de uso da lanterna e ajustar a potência, se possível, para minimizar o consumo de energia.

**Ajustar a Taxa de Atualização**: Optar por uma taxa de atualização de 60Hz em vez de 120Hz quando a alta taxa de atualização não for necessária.

**Optar pelo Dark Mode**: Usar o Dark Mode em aplicativos e ambientes sempre que possível para reduzir o consumo de energia.

Estas estratégias podem ajudar os utilizadores a prolongar a vida útil da bateria dos seus dispositivos móveis e contribuir para uma utilização mais sustentável e eficiente da tecnologia.

# Bibliografia

[DEISI24] DEISI, Regulamento de Trabalho Final de Curso, Jan. 2024

[ADB24] Developer Android Debug Bridge, <https://developer.android.com/tools/adb?hl=pt-br>,

Acedido em Jan. 2024

[ULHT24] Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologia, <https://www.ulusofona.pt/>,

acedido em Jan. 2024

[EARUDCA] Oliveira, W., Moraes, B., Castor, F., & Fernandes, J. P. (2023, May). Ebserver: Automating Resource-Usage Data Collection of Android Applications. In 2023 IEEE/ACM 10th International Conference on Mobile Software Engineering and Systems (MOBILESoft) (pp. 55-59). IEEE.

[ERALW] Couto, M., Saraiva, J., & Fernandes, J. P. (2020, February). Energy refactorings for android in the large and in the wild. In *2020 IEEE 27th International Conference on Software Analysis, Evolution and Reengineering (SANER)* (pp. 217-228). IEEE.

[PGEEMA] Cruz, L., & Abreu, R. (2017, May). Performance-based guidelines for energy efficient mobile applications. In *2017 IEEE/ACM 4th International Conference on Mobile Software Engineering and Systems (MOBILESoft)* (pp. 46-57). IEEE.

[ARUOMADF] Oliveira, W., Moraes, B., Castor, F., & Fernandes, J. P. (2023, June). Analyzing the Resource Usage Overhead of Mobile App Development Frameworks. In Proceedings of the 27th International Conference on Evaluation and Assessment in Software Engineering (pp. 152-161).

[CSLLEIAA] Li, D., Hao, S., Halfond, W. G., & Govindan, R. (2013, July). Calculating source line level energy information for android applications. In *Proceedings of the 2013 International Symposium on Software Testing and Analysis* (pp. 78-89).

[ECEMAAUFS] Wilke, C., Richly, S., Götz, S., Piechnick, C., & Aßmann, U. (2013, August). Energy consumption and efficiency in mobile applications: A user feedback study. In *2013 IEEE International Conference on Green Computing and Communications and IEEE Internet of Things and IEEE Cyber, Physical and Social Computing* (pp. 134-141). IEEE.

# Anexo 1 – Indicações de progresso de Trabalho

Neste momento estamos na fase 2 intermédio 1º semestre, já fizemos a configuração do ambiente de testes e também o desenvolvimento preliminar, estamos a ter algumas dificuldades na execução dos testes fazendo com que a sua recolha se torne mais difícil, consequentemente os dados e análises no relatório sejam mais difícil de os conseguir. Apesar das dificuldades conseguimos ver no calendário Gantt que conseguimos completar todas as tarefas da 1º fase com sucesso.

A screen shot of a computer program

Description automatically generated

Figura 69-Metódo de teste da lanterna

Conseguimos criar uma das funções de teste, por exemplo esta função faz com que a lanterna ligue durante 15 segundos e desligue, entre cada teste existe uma espera de 15 segundos, este é 1 dos testes que conseguimos executar com sucesso e recolher os dados que indicam o desgaste da bateria. Apesar de termos conseguidos fazer este teste ainda estamos a tentar resolver os outros testes que têm um nível de complexidade mais avançada.

Neste momento estamos na fase Intercalar do 2º semestre, conseguimos resolver todos os nossos problemas em relação aos testes efetuados para comprovar o consumo do brilho do ecrã numa atividade diária como é o caso de visualizar um vídeo no Youtube.

Uma imagem com texto, captura de ecrã, software

Descrição gerada automaticamente

Figura 70 - Metódo Youtube

Com a recolha de dados foi possível demonstrar que podemos poupar energia ao reduzir o brilho do ecrã de forma quantitativa e qualitativa e neste momento podemos afirmar com base nos dados que os utilizadores podem economizar energia ao ajustar o brilho do ecrã para níveis mais baixos.

Neste momento estamos a trabalhar simultaneamente na parte dos testes em relação ao refresh rate e das notificações.

Neste momento estamos na fase final do projecto, conseguimos implementar os testes em relação ao refresh rate.

Em relação aos testes referentes a notificações decidimos ir por outra via mais pertinente na nossa opinião, tentamos fazer testes referentes a google docs ou google keeps no entanto encontramos alguns obstáculos sobretudo no campo das permissões por isso acabamos por criar um ambiente controlado onde foram criadas condições para testar o Light Mode e o Dark Mode.

# Glossário

LEI Licenciatura em Engenharia Informática

LIG Licenciatura em Informática de Gestão

TFC Trabalho Final de Curso

ADB Android Debug Bridge

SDK Software Development Kit

IDE Integrated Development Environment