



Do Resíduo ao Recurso: Aplicação do *Google Appsheet* para a gestão eficiente de fluxos de trabalho na ToBeGreen

Ricardo Faria

UMinho | 2024



Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Ricardo Manuel de Oliveira Faria

Do Resíduo ao Recurso: Aplicação do *Google Appsheet* para a gestão eficiente de fluxos de trabalho na ToBeGreen

outubro de 2024



Universidade do Minho

Escola de Engenharia

Ricardo Manuel de Oliveira Faria

Do Resíduo ao Recurso: Aplicação do *Google Appsheet* para a gestão eficiente de fluxos de trabalho na ToBeGreen

Dissertação de Mestrado

Mestrado em Engenharia Têxtil

Área de Especialização em Materiais e Tecnologias Avançadas

Trabalho realizado sob a orientação do

Professor Doutor António Dinis Ribeiro Marques

outubro de 2024

DIREITOS DE AUTOR E CONDIÇÕES DE UTILIZAÇÃO DO TRABALHO POR TERCEIROS

Este é um trabalho académico que pode ser utilizado por terceiros desde que respeitadas as regras e boas práticas internacionalmente aceites, no que concerne aos direitos de autor e direitos conexos.

Assim, o presente trabalho pode ser utilizado nos termos previstos na licença abaixo indicada.

Caso o utilizador necessite de permissão para poder fazer um uso do trabalho em condições não previstas no licenciamento indicado, deverá contactar o autor, através do RepositóriUM da Universidade do Minho.

Licença concedida aos utilizadores deste trabalho



Atribuição

CC BY

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

Agradecimentos

Este trabalho é o culminar de um percurso árduo e exigente, que representa não apenas uma conquista académica, mas também pessoal. Iniciei o meu percurso académico aos 42 anos, conciliando estudos com o trabalho e as responsabilidades familiares, um desafio que foi superado com o apoio incondicional de várias pessoas, sem as quais este momento não teria sido possível.

Quero começar por agradecer à minha mulher, Vera, e ao meu filho, Henrique, pelo amor, companheirismo e paciência que me ofereceram ao longo de todo este percurso. O vosso apoio incondicional foi fundamental para que eu pudesse manter o foco nos meus objetivos, e por isso, este trabalho é também vosso.

Agradeço igualmente aos meus sogros, que sempre me trataram como um filho e a quem eu trato como se fossem meus pais. O vosso carinho e suporte foram essenciais para que eu pudesse dedicar-me a esta jornada com tranquilidade e motivação.

Agradeço também aos meus irmãos, que me apoiaram numa fase difícil, em que todos tivemos de prestar auxílio ao nosso pai. A vossa força e união foram essenciais para que eu pudesse continuar.

Aos docentes com quem me cruzei, expresso o meu sincero agradecimento, com um carinho especial à Professora Doutora Ana Isabel Filipe, cuja frontalidade peculiar transformou o "Eu não vou conseguir" em pó, ajudando-me a vencer o medo e a insegurança. Foi uma das principais responsáveis por eu não ter desistido logo no início.

À Daniela, o meu profundo agradecimento pelo companheirismo, por me fazer sentir importante e especial, especialmente nos momentos em que eu próprio me sentia desinteressante. O teu apoio foi sempre uma luz nos momentos mais difíceis.

Quero destacar de forma ainda mais carinhosa as verdadeiras companheiras de viagem, que partilharam comigo apontamentos, horas de estudo, trabalhos de grupo, alegrias e tristezas: Marisa, Beatriz Carneiro, Beatriz Pinto, Isabella e Diana. Vocês marcaram profundamente esta etapa da minha vida e criaram uma ligação impossível de ser quebrada.

Ao meu orientador, Professor Doutor António Dinis Marques, deixo um agradecimento especial pelo rigor, pelos conhecimentos transmitidos e, sobretudo, pela amizade ao longo deste processo. A sua orientação foi essencial para a conclusão deste trabalho.

Não poderia deixar de agradecer aos meus companheiros de trabalho da ToBeGreen, que me brindaram com a sua amizade, companheirismo e disponibilidade, elementos fundamentais para os resultados alcançados neste estudo.

Por fim, dedico este trabalho aos meus pais, a quem tudo devo. Tenho a certeza de que estão orgulhosos da educação que me deram, e este momento é também uma homenagem ao amor, valores e força que sempre me transmitiram.

DECLARAÇÃO DE INTEGRIDADE

Declaro ter atuado com integridade na elaboração do presente trabalho académico e confirmo que não recorri à prática de plágio nem a qualquer forma de utilização indevida ou falsificação de informações ou resultados em nenhuma das etapas conducente à sua elaboração.

Mais declaro que conheço e que respeitei o Código de Conduta Ética da Universidade do Minho.

Assinado por: **Ricardo Manuel de Oliveira**
Faria
Num. de Identificação: 10977175
Data: 2024.10.08 18:12:17+01'00'



Resumo

A indústria têxtil enfrenta desafios significativos na gestão eficiente de resíduos e na adoção de práticas sustentáveis. A ToBeGreen, dedicada à valorização de peças de vestuário em fim de vida, implementa práticas de economia circular respeitando a hierarquia dos resíduos, com processos que incluem recolha, separação, preparação, corte, obtenção de fibra, fiação, tecelagem e desenvolvimento de novos produtos têxteis confeccionados com fibra pós-consumo. Esta dissertação responde à questão: "Como pode a aplicação *Google Appsheet* ser utilizada para otimizar a gestão dos fluxos operacionais da ToBeGreen, uma empresa que atua na economia circular através da valorização de peças de vestuário em fim de vida?".

A metodologia adotada incluiu um estudo de caso abrangente, detalhando desde a análise de requisitos até ao desenvolvimento, implementação e avaliação da aplicação. Durante o projeto, foram levantadas questões sobre a capacidade de um engenheiro têxtil desenvolver sozinho um ERP/CRM com *Google Appsheet*, a comparação com soluções prontas no mercado, e a garantia de segurança, fiabilidade e escalabilidade da aplicação.

A aplicação desenvolvida inclui nove módulos principais: Projetos, Compras, Rastreo de Produto, Desenvolvimento Técnico, Controlo de Qualidade, Inventário, Lojas, Vestuário, e Ponto de Horas. Estas funcionalidades centralizam toda a informação numa única plataforma, evitando redundância e perda de dados, e permitindo a gestão eficiente dos fluxos operacionais têxteis, desde a recolha e triagem até à transformação dos materiais através de processos de corte, obtenção de fibra, fiação, tecelagem e confeção. A integração de leitura de *QR Codes* e códigos de barra permite rastreamento rápido de dados via smartphones e tablets.

Os resultados demonstram que a aplicação melhora significativamente a eficiência operacional e facilita a tomada de decisões estratégicas. Esta dissertação não só contribui para o campo da engenharia têxtil, mas também apresenta soluções práticas para superar barreiras tecnológicas e organizacionais, destacando a resiliência e a inovação no uso do *Google Appsheet*.

Palavras-chave: Economia circular, gestão de resíduos têxteis, *Google Appsheet*, eficiência operacional, engenharia têxtil.

Abstract

Significant challenges persist in the textile industry when it comes to efficiently managing waste and adopting sustainable practices. ToBeGreen, a company dedicated to the recovery of end-of-life clothing, addresses these challenges by implementing circular economy practices in accordance with the waste hierarchy. Its processes include collection, sorting, preparation, cutting, fiber recovery, spinning, weaving, and the development of new textile products made from post-consumer fiber. This dissertation explores how Google AppSheet can be used to optimize ToBeGreen's operational workflows, supporting its circular economy initiatives.

A comprehensive case study was conducted, detailing the process from requirements analysis to the development, implementation, and evaluation of the application. Along the way, key questions emerged regarding whether a textile engineer could independently develop an ERP/CRM system using Google AppSheet, how it compares with existing market solutions, and whether it ensures sufficient security, reliability, and scalability.

Nine main modules were developed within the application: Projects, Purchases, Product Tracking, Technical Development, Quality Control, Inventory, Stores, Clothing, and Timekeeping. By centralizing all information in a single platform, the application eliminates data redundancy and loss while streamlining the management of ToBeGreen's textile operations. This includes everything from collection and sorting to material transformation through cutting, fiber recovery, spinning, weaving, and garment production. Furthermore, the integration of QR codes and barcodes allows for rapid data tracking via smartphones and tablets.

Results indicate that the application significantly enhances operational efficiency and supports strategic decision-making. Not only does this dissertation contribute to the field of textile engineering, but it also offers practical solutions to overcome technological and organizational barriers, showcasing the resilience and innovation enabled by Google AppSheet.

Keywords: *Circular economy, textile waste management, Google Appsheet, operational efficiency, textile engineering.*

Índice

Agradecimentos	iii
Resumo	v
Abstract	vi
Índice.....	vii
Lista de Figuras.....	x
Lista de Tabelas	xi
Lista de abreviaturas, siglas e acrónimos	xii
1 Introdução	1
1.1 Contextualização e enquadramento.....	2
1.2 Motivação.....	2
1.3 Objetivos	2
1.4 Estrutura da dissertação	2
2 Estado da arte	4
2.1 Economia circular.....	5
2.1.1 Conceito e princípios	5
2.1.2 Os R's da sustentabilidade	6
2.1.3 Aplicação na indústria têxtil.....	7
2.1.4 Benefícios e desafios	7
2.2 Gestão de resíduos têxteis	8
2.2.1 Tipos de resíduos têxteis.....	8
2.2.2 Métodos de gestão de resíduos.....	9
2.2.3 Zero-waste e design sustentável.....	10
2.3 Processos têxteis.....	11
2.3.1 Obtenção da fibra	12
2.3.2 Fiação Open-End	13
2.3.3 Tecelagem.....	15
2.3.4 <i>Ecodesign</i> e desenvolvimento de produto	17
2.3.5 Confeção.....	19
2.3.6 Empresas e iniciativas bem-sucedidas	22
2.4 Tecnologia e inovação.....	24
2.4.1 Ferramentas tradicionais versus ferramentas <i>Low-code</i>	24
2.4.2 Google Appsheet	25
2.4.3 Exemplos de empresas bem-sucedidas que utilizam o Appsheet.....	26
2.5 Desafios e oportunidades na implementação da tecnologia	29
2.5.1 Desafios tecnológicos e organizacionais	29

2.5.2	Oportunidades de otimização e inovação.....	30
3	Metodologia de investigação e tecnologias.....	32
3.1	Metodologia de investigação	33
3.1.1	Levantamento de requisitos	33
3.1.2	Análise dos processos	34
3.1.3	Escolha das ferramentas tecnológicas.....	35
3.1.4	Desenvolvimento modular.....	37
4	Desenvolvimento da aplicação.....	40
4.1	Planeamento da aplicação	41
4.1.1	Definição de objetivos da aplicação.....	41
4.1.2	Arquitetura da aplicação	41
4.2	Design e desenvolvimento.....	41
4.2.1	Interface do utilizador (UI).....	41
4.2.2	Experiência do utilizador (UX).....	43
4.3	Integração e desafios.....	44
4.3.1	Desafios técnicos.....	44
4.3.2	Integração dos módulos.....	46
4.4	Testes e validação	50
4.4.1	Testes unitários e de integração.....	50
4.4.2	Testes de performance e segurança.....	51
4.5	Fases de implementação da aplicação	54
5	Prova de conceito	57
5.1	Análise SWOT	58
5.1.1	Enquadramento teórico	58
5.1.2	Aplicação da análise SWOT na ToBeGreen	58
5.1.3	Conclusões da análise SWOT	61
5.2	Estudo e usabilidade.....	62
5.2.1	Facilidade de adaptação	62
5.2.2	Opinião dos utilizadores.....	63
5.2.3	Ajustes realizados com base nas sugestões dos utilizadores	64
5.2.4	Adoção e melhoria contínua.....	64
5.3	Estudo de viabilidade.....	64
5.3.1	Viabilidade técnica.....	65
5.3.2	Viabilidade económica	66
5.3.3	Escalabilidade	68
5.3.4	Conclusões do estudo de viabilidade.....	69
6	Resultados.....	70
6.1	Impacto nos processos operacionais.....	71

6.2	Melhoria na sincronização e eficiência	71
6.2.1	Otimização do desempenho.....	72
6.3	Satisfação e adoção por parte dos utilizadores	72
7	Conclusões e futuros desenvolvimentos.....	76
7.1	Implicações práticas para a ToBeGreen	77
7.2	Limitações do estudo.....	77
7.3	Sugestões para trabalhos futuros	78
	Bibliografia.....	79

Lista de Figuras

Figura 1: Modelo de economia circular (Interativa, 2024).....	5
Figura 2: R's da sustentabilidade (adaptado de (Kirchherr et al., 2017)).....	6
Figura 3: Solução TO-BE-GREEN ("O que fazemos?")	7
Figura 4: Imagem de um centro de recolha de resíduos têxteis	8
Figura 5: Hierarquia da gestão de resíduos – Linhas de orientação da UE (Silva et al., 2012)	10
Figura 6: Mostruário dos fluxos operacionais da ToBeGreen	11
Figura 7: Lote de vestuário proveniente de uma recolha ToBeGreen	11
Figura 8: Máquina de corte da linha de fiação do CITEVE	12
Figura 9: Módulo de desfibrilação da linha de fiação do CITEVE	12
Figura 10: Fibra obtida à saída do módulo de desfibrilação da linha do CITEVE	13
Figura 11: Tear de pinças Picanol Optimax-i	16
Figura 12: Reaproveitamento de fardas de trabalho na ToBeGreen.....	17
Figura 13: Aventais da ToBeGreen totalmente produzidos com tecido reciclado.....	18
Figura 14: Corte de tecidos na ToBeGreen.....	19
Figura 15: Costura de uma peça em upcycling na ToBeGreen.....	20
Figura 16: Logotipo da ToBeGreen.....	22
Figura 17: Logotipo da Patagonia	23
Figura 18: Logotipo da H&M.....	23
Figura 19: Logotipo da Levi's.....	24
Figura 20: Logotipo da AIRBUS.....	26
Figura 21: Logotipo da LIXIL.....	27
Figura 22: Logotipo da BHI.....	28
Figura 23: Logotipo da Environmental Dynamics Inc. (EDI).....	29
Figura 24: Esquema geral da metodologia de investigação	33
Figura 25: Mapeamento de processos	34
Figura 26: Esquema de integração das ferramentas tecnológicas	35
Figura 27: Esquema simplificado do processo de ETL.....	36
Figura 28: Diagrama de arquitetura modular da aplicação	37
Figura 29: Visualização da navegação no módulo de Inventário na versão mobile	42
Figura 30: Visualização da versão para computadores da vista "Lista de Tecidos"	43
Figura 31: Interface do <i>Expression Assistant</i> no <i>Google Appsheet</i>	45
Figura 32: Exemplo de leitura de QRCode de um tecido	46
Figura 33: Painel de visualização do debuxo do tecido	47
Figura 34: Painel de visualização dos detalhes da teia e do fio	48
Figura 35: Painel de visualização de um parceiro da ToBeGreen (versão mobile).....	49
Figura 36: Painel de visualização de um parceiro da ToBeGreen (versão para computador)	49
Figura 37: Painel de visualização de um tecido	50
Figura 38: Gráfico de desempenho médio por tipo de operação	51
Figura 39: Gráfico de processamento de colunas virtuais	52
Figura 40: Registo de erros de limite de requisições no Google Apps Script	52
Figura 41: Análise SWOT da aplicação na ToBeGreen	61
Figura 42: Captura de ecrã do processo de leitura de <i>QR Code</i> de um rolo de tecido.....	63
Figura 43: Preço dos planos Google Worksapce em 14/09/2024	67
Figura 44: Vista de movimentos de materiais (versão para computador).....	71
Figura 45: Tempos médios da velocidade de sincronização em segundos	72
Figura 46: Nível médio de satisfação dos utilizadores por critério	74

Lista de Tabelas

Tabela 1: Resultados da implementação gradual	55
Tabela 2: Análise dos custos benefícios de migração para o AppSheet Core	68
Tabela 3: Tempos médios da velocidade de sincronização em segundos.....	72
Tabela 4: Nível médio de satisfação dos utilizadores por critério.....	73

Lista de abreviaturas, siglas e acrónimos

As abreviaturas foram mantidas na língua inglesa de forma a facilitar a leitura.

APIs: Interfaces de Programação de Aplicações (**Application Programming Interfaces**)

AppSheet: Plataforma Google AppSheet

BI: Inteligência de Negócio (Business Intelligence)

CAD: Desenho Assistido por Computador (Computer-Aided Design)

ERP: Planeamento de Recursos Empresariais (Enterprise Resources Planning)

ETL: Extração, Transformação e Carregamento (Extract, Transform, Load)

GDPR: Regulamento Geral sobre a Proteção de Dados da União Europeia (General Data Protection Regulation)

IA: Inteligência Artificial

IPSS: Instituições Particulares de Solidariedade Social

LED: Diodo Emissor de Luz (Light Emitting Diode)

QRCode: Código QR (Quick Response Code)

S/MIME: Extensões Seguras/Multipropósito de Correio da Internet (Secure/Multipurpose Internet Mail Extensions)

SWOT: Pontos fortes, pontos fracos, oportunidades e ameaças (Strengths, Weaknesses, Opportunities and Threats)

UI: Interface do Utilizador (User Interface)

UX: Experiência do Utilizador (User Experience)

1 Introdução

A indústria têxtil enfrenta desafios significativos na gestão eficiente de resíduos e na adoção de práticas sustentáveis. Com a crescente preocupação sobre a importância da sustentabilidade, empresas como a ToBeGreen estão na vanguarda da implementação de práticas de economia circular que respeitam a hierarquia dos resíduos. A ToBeGreen dedica-se à valorização de peças de vestuário em fim de vida, utilizando processos como recolha, separação, preparação, corte, obtenção de fibra, fiação, tecelagem e desenvolvimento de novos produtos têxteis confeccionados com fibra pós-consumo. A complexidade e a amplitude destes processos destacam a necessidade de soluções inovadoras que possam otimizar a gestão dos fluxos operacionais e garantir a sustentabilidade e eficiência da empresa.

A motivação para este estudo surge da necessidade de otimizar esses fluxos operacionais na ToBeGreen, garantindo uma gestão eficiente e sustentável dos resíduos têxteis. A utilização da plataforma *Google Appsheet* oferece uma oportunidade inovadora para desenvolver uma aplicação que centralize e otimize esses processos. Este estudo visa responder à questão central: "Como pode a aplicação *Google Appsheet* ser utilizada para otimizar a gestão dos fluxos operacionais da ToBeGreen?" Além disso, procura avaliar a capacidade e a necessidade de um engenheiro têxtil desenvolver e implementar uma solução informática utilizando o *Google Appsheet*. Este primeiro capítulo introduz o contexto e a motivação do estudo, define os objetivos da pesquisa e apresenta a estrutura da dissertação.

1.1 Contextualização e enquadramento

A indústria têxtil é uma das mais impactantes em termos ambientais devido ao grande volume de resíduos gerados ao longo de toda a cadeia produtiva (Niinimäki et al., 2020). A crescente necessidade de práticas sustentáveis e a gestão eficiente de resíduos levaram a indústria a procurar soluções inovadoras (Fatimah et al., 2020). A economia circular surge como um modelo promissor, propondo a reutilização e reciclagem de materiais para reduzir o impacto ambiental e promover a sustentabilidade (Velenturf & Purnell, 2021).

1.2 Motivação

A empresa ToBeGreen está comprometida com a valorização de peças de vestuário em fim de vida, implementando um modelo de economia circular que inclui processos como recolha, separação, preparação, corte, obtenção de fibra, fiação, tecelagem e confeção. A complexidade e a amplitude desses processos exigem uma gestão eficiente e integrada. A motivação para este estudo é explorar como a plataforma *Google Appsheet* pode ser utilizada para otimizar a gestão desses fluxos operacionais, proporcionando uma solução centralizada e eficiente (Marques & Moreira, 2021).

1.3 Objetivos

O objetivo principal deste estudo é desenvolver e implementar uma aplicação utilizando o *Google Appsheet* para otimizar a gestão dos fluxos operacionais da ToBeGreen. A questão central a ser respondida é: "Como pode a aplicação *Google Appsheet* ser utilizada para otimizar a gestão dos fluxos operacionais da ToBeGreen?" Adicionalmente, o estudo busca avaliar a viabilidade de um engenheiro têxtil desenvolver e implementar uma solução informática utilizando o *Google Appsheet*.

1.4 Estrutura da dissertação

Esta dissertação está estruturada em seis capítulos: Introdução, Estado da Arte, Metodologias de Investigação e Tecnologias, Desenvolvimento da Aplicação, Prova de Conceito e por fim Resultados e Conclusão. A seguir, são apresentados cada um dos capítulos com uma breve descrição do seu conteúdo:

- **Capítulo 1: Introdução**

Apresenta o contexto e a motivação do estudo, define os objetivos da pesquisa e apresenta a estrutura da dissertação;

- **Capítulo 2: Estado da arte**

Revisão crítica da literatura sobre economia circular, gestão de resíduos têxteis, processos têxteis, tecnologia e inovação, desafios e oportunidades na implementação da tecnologia;

- **Capítulo 3: Metodologia de investigação e tecnologias**

Descrição da metodologia de investigação utilizada, incluindo as ferramentas e tecnologias adotadas. Explicação do processo de ETL (Extração, Transformação e Carregamento) e como este foi aplicado no desenvolvimento da aplicação;

- **Capítulo 4: Desenvolvimento da aplicação**

Este capítulo descreve o processo de desenvolvimento da aplicação *Google Appsheet*, abordando o planeamento, design, integração dos módulos e os desafios técnicos superados. Além disso, foca-se na fase de testes e validação da aplicação, assim como na sua implementação gradual nas operações diárias da ToBeGreen, assegurando que a aplicação operasse de forma segura, fiável e escalável;

- **Capítulo 5: Prova de conceito**

Apresentação da prova de conceito da aplicação, incluindo uma análise SWOT e um estudo de usabilidade e viabilidade;

- **Capítulo 6: Resultados**

Discussão dos resultados do estudo. Avaliação dos resultados obtidos com a implementação da aplicação;

- **Capítulo 7: Conclusões**

Implicações práticas para a ToBeGreen, limitações do estudo e sugestões para futuros trabalhos, incluindo potenciais melhorias e expansões da aplicação.

2 Estado da arte

A transição para uma economia mais sustentável e circular tem sido uma prioridade crescente em diversas indústrias, especialmente na têxtil, que é uma das mais impactantes em termos ambientais (Jia et al., 2020). O conceito de economia circular propõe um modelo de produção e consumo que visa prolongar o ciclo de vida dos produtos, promovendo a reutilização, reciclagem e a redução de resíduos. Esta abordagem contrasta fortemente com o modelo linear tradicional de "extrair, produzir, descartar", oferecendo uma alternativa que procura minimizar o impacto ambiental e maximizar a eficiência dos recursos. A implementação de práticas de economia circular requer inovação tecnológica, adaptação de processos e mudança de comportamento, tanto dos consumidores quanto das empresas (Jia et al., 2020; Lieder & Rashid, 2016).

No contexto da indústria têxtil, a gestão de resíduos tornou-se uma componente crítica para alcançar a sustentabilidade (Keßler et al., 2021). A adoção de práticas que seguem a hierarquia dos resíduos – priorizando a redução, reutilização e reciclagem – é fundamental para minimizar os impactos ambientais associados à produção e descarte de materiais têxteis (Pires & Martinho, 2019). Além disso, a incorporação de tecnologias emergentes e soluções inovadoras, como as plataformas de desenvolvimento *low-code*, tem facilitado a criação de sistemas de gestão de resíduos mais eficientes e integrados (How et al., 2023). Este capítulo oferece uma revisão abrangente da literatura sobre economia circular, gestão de resíduos têxteis, práticas sustentáveis na indústria têxtil e o papel das tecnologias emergentes, destacando os desafios e oportunidades para a implementação dessas práticas.

2.1 Economia circular

A economia circular (Figura 1) é um modelo económico que busca redefinir a produção e o consumo, enfatizando a reutilização, reciclagem e redução de resíduos. Este conceito contrasta com o modelo linear tradicional de "extrair, produzir, descartar". Na economia circular, os produtos são projetados para ter uma vida útil mais longa, e os materiais são continuamente reutilizados (Okafor et al., 2021).

2.1.1 Conceito e princípios

Os princípios fundamentais da economia circular incluem:

- Design para Durabilidade e Reutilização: Produtos são projetados para serem duráveis, facilmente reparáveis e reutilizáveis (Niinimäki, 2018).
- Manutenção do Valor dos Recursos: Os materiais e produtos devem ser mantidos em uso pelo maior tempo possível, extraíndo o máximo valor antes de serem reciclados (Chen et al., 2021).
- Sistemas de Ciclo Fechado: Implementação de processos que permitem o retorno dos materiais ao ciclo produtivo após o uso (Franco, 2017).



Figura 1: Modelo de economia circular (Interativa, 2024)

2.1.2 Os R's da sustentabilidade

Os R's da sustentabilidade (Figura 2) são princípios que guiam as práticas de gestão sustentável de resíduos e recursos na economia circular. Estes incluem (Kirchherr et al., 2017):

- **Recusar:** Tornar o produto redundante abandonando a sua função inicial ou mantê-la, mas com um produto radicalmente diferente.
- **Repensar:** Aumentar o uso do produto (por exemplo partilhando-o).
- **Reduzir:** Aumentar a eficiência na produção e consumir menos recursos.
- **Reutilizar:** Reutilizar os produtos de outro consumidor que ainda estejam em bom estado de uso e que cumpram a função original.
- **Reparar:** Manutenção e reparação de pequenos defeitos para que o produto possa ser utilizado novamente.
- **Reformar:** Recuperar um produto antigo e atualizá-lo.
- **Remanufaturar:** Aproveitar partes de um produto descartado num produto com as mesmas funções.
- **Reaproveitar:** Usar o produto descartado num novo produto com as mesmas funções.
- **Reciclar:** Processar materiais para obter produtos com a mesma qualidade (alto valor) ou qualidade inferior (baixo valor).
- **Recuperar:** Inceneração do material com recuperação de energia.



Figura 2: R's da sustentabilidade (adaptado de (Kirchherr et al., 2017))

2.1.3 Aplicação na indústria têxtil

A aplicação da economia circular na indústria têxtil envolve práticas como o design sustentável, a utilização de materiais recicláveis e a implementação de sistemas de logística reversa para recolha e reaproveitamento de produtos têxteis. Empresas como a ToBeGreen¹ exemplificam esses princípios ao focarem na valorização de peças de vestuário em fim de vida (Figura 3). Estas práticas ajudam a reduzir a dependência de matérias-primas virgens e a minimizar o impacto ambiental (Saha et al., 2022).

O QUE FAZEMOS?

VALORIZAÇÃO DE VESTUÁRIO EM FIM DE VIDA

A solução TO-BE-GREEN permite a valorização de produtos de vestuário, uniformes e fardamentos, e outros têxteis-lar descartados, seguindo a hierarquia de resíduos e aplicando os princípios da Economia Circular.

De acordo com a triagem e a avaliação feita aos materiais entregues, é feita a definição do fluxo de valorização podendo ser a reutilização e partilha, o upcycling, a reciclagem ou, caso estejam estragadas e sem potencial de valorização, o envio para aterro.



Figura 3: Solução TO-BE-GREEN ("O que fazemos?")

2.1.4 Benefícios e desafios

Os benefícios da economia circular na indústria têxtil incluem a redução de resíduos, a conservação de recursos naturais e a criação de novos modelos de negócios sustentáveis. No entanto, os desafios incluem a necessidade de inovação tecnológica, adaptação dos processos industriais e mudança de comportamento dos consumidores (Fischer & Pascucci, 2017). Além disso, há desafios logísticos e de infraestrutura, como a recolha eficiente de materiais descartados e a integração de novos processos nas operações existentes.

¹ URL: <https://to-be-green.com/o-que-fazemos/>

2.2 Gestão de resíduos têxteis

A gestão de resíduos têxteis é essencial para minimizar o impacto ambiental da indústria têxtil. A abordagem de gestão segue a hierarquia dos resíduos, que prioriza a redução, reutilização e reciclagem (Chowdhury et al., 2023). A Figura 4 apresenta um exemplo de um centro de recolha de vestuário pós-consumo.

2.2.1 Tipos de resíduos têxteis

- **Resíduos pré-consumo:** gerados durante o processo de fabricação, como sobras de tecido, recortes e produtos defeituosos.
- **Resíduos pós-consumo:** peças de vestuário e tecidos descartados pelos consumidores após o uso.

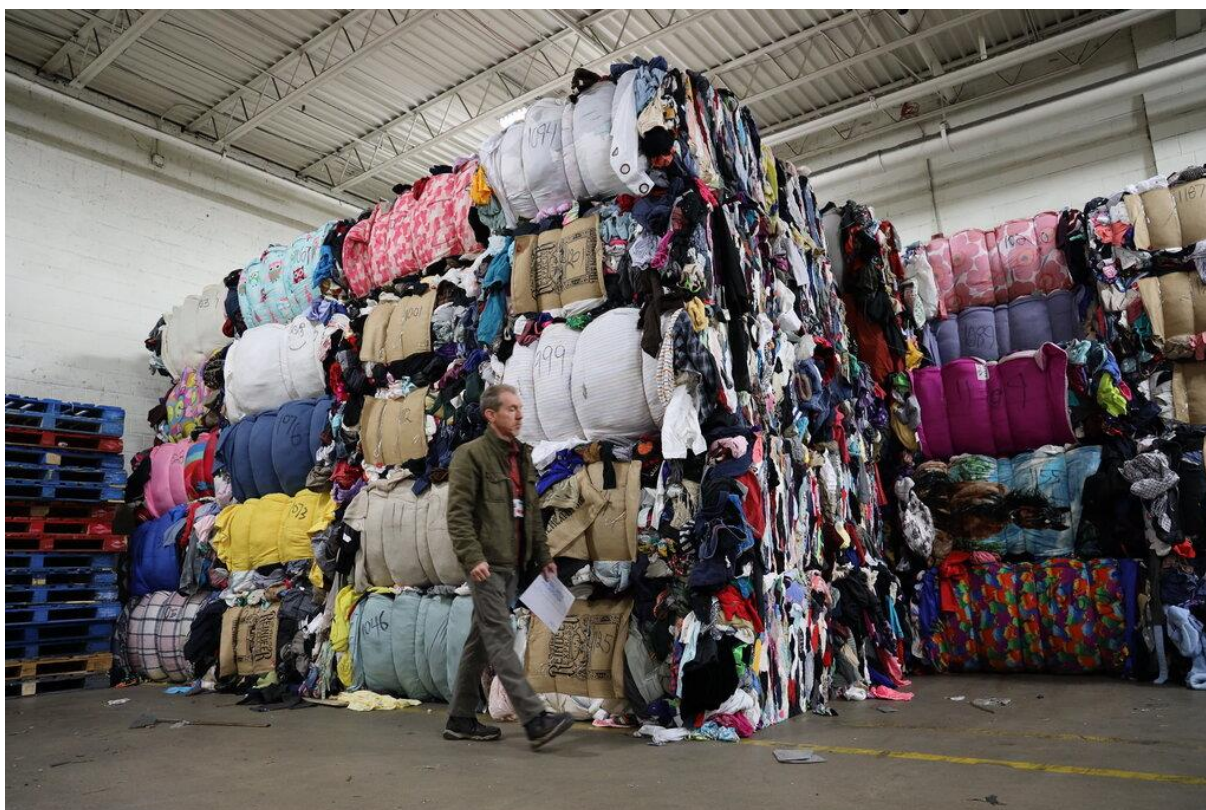


Figura 4: Imagem de um centro de recolha de resíduos têxteis²

² URL: <https://earth.org/how-can-the-fashion-industry-reduce-textile-waste/>

A indústria têxtil produz 10% das emissões globais de gases com efeito de estufa e polui os ecossistemas locais.

2.2.2 Métodos de gestão de resíduos

Os principais métodos incluem:

- **Redução:** Minimizar a quantidade de resíduos gerados através de design eficiente e práticas de produção sustentável. Isso pode envolver o uso de moldes de corte que maximizam o aproveitamento do tecido (Niinimäki & Hassi, 2011).
- **Reutilização:** Prolongar a vida útil dos produtos através da reparação, doações e vendas de segunda mão. Por exemplo, roupas em bom estado podem ser revendidas ou doadas para instituições de caridade (Vezzoli et al., 2022).
- **Reciclagem:** A reciclagem envolve a transformação de resíduos em novos produtos, reduzindo a necessidade de matérias-primas virgens. Este processo pode ser realizado através de diferentes métodos, sendo a reciclagem mecânica a mais comum na indústria têxtil (Juanga-Labayen et al., 2022). A **reciclagem mecânica** inclui a desintegração de tecidos em fibras que podem ser reprocessadas para criar novos fios e tecidos, como é o caso das operações na ToBeGreen (Doustdar). Apesar de ser o método predominante, existem outras alternativas igualmente relevantes para a indústria, como a reciclagem química e biológica. (Doustdar). Na **reciclagem química**, os tecidos são decompostos em componentes químicos básicos. Por exemplo, tecidos feitos de poliéster podem ser quebrados em monómeros, que podem posteriormente ser purificados e reconstituídos em fibras de poliéster reciclado. Este método é especialmente útil para fibras sintéticas, permitindo a obtenção de fibras recicladas com propriedades semelhantes às das fibras virgens. Embora a reciclagem química seja cara e mais complexa, apresenta a vantagem de proporcionar um ciclo de vida mais longo para os materiais, já que as fibras podem ser recicladas várias vezes sem perda significativa de qualidade (Björquist, 2017). A **reciclagem biológica** é outra alternativa, que consiste na utilização de microrganismos ou enzimas para degradar os tecidos. Este método é mais comum em materiais orgânicos, como algodão e lã. Durante o processo, as fibras são decompostas em componentes naturais, como açúcares ou proteínas, que podem ser posteriormente reutilizados para fabricar novos produtos (Egan & Salmon, 2022). A reciclagem biológica é considerada uma abordagem mais sustentável, pois minimiza o impacto ambiental e não envolve o uso de substâncias químicas agressivas. No entanto, ainda é uma técnica em desenvolvimento, com desafios relacionados à eficiência do processo e à qualidade do material reciclado (Pandey et al., 2020). Embora a ToBeGreen atualmente privilegie e utilize apenas a reciclagem mecânica, é importante considerar as

outras formas de reciclagem como potenciais alternativas para o futuro da gestão de resíduos têxteis, especialmente à medida que a indústria têxtil busca novas formas de alcançar a sustentabilidade e a economia circular. A TobeGreen atua de acordo com a hierarquia de gestão de resíduos e segue as linhas de orientação da União Europeia (Figura 5).

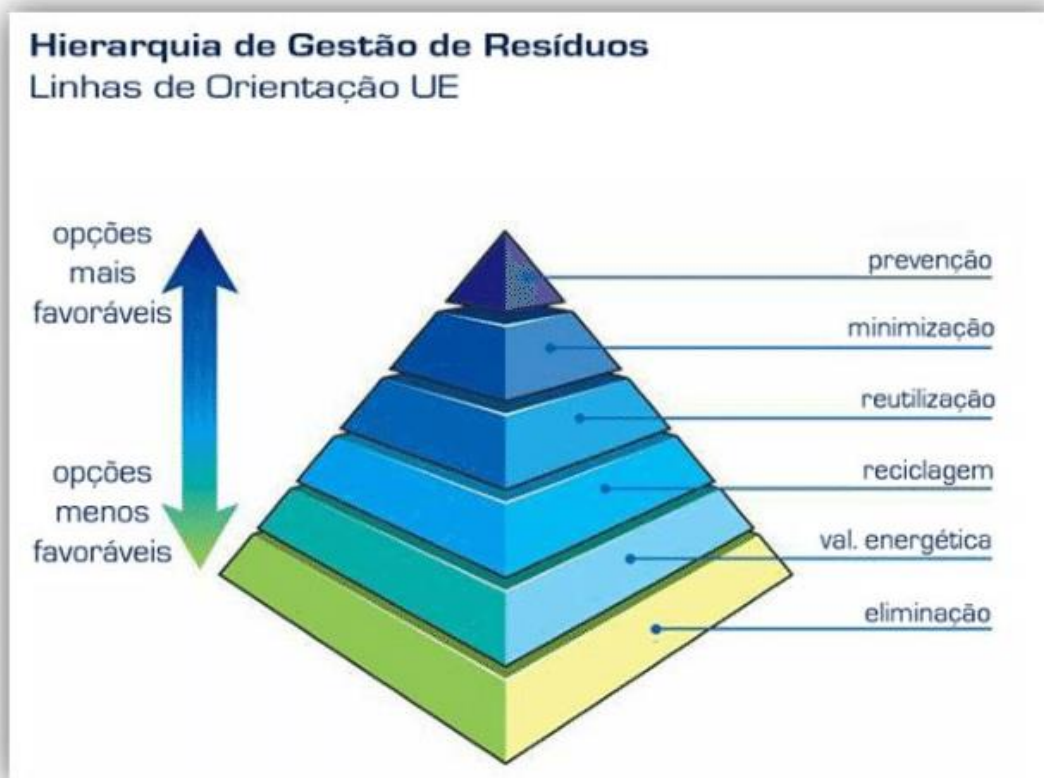


Figura 5: Hierarquia da gestão de resíduos – Linhas de orientação da UE (Silva et al., 2012)

2.2.3 Zero-waste e design sustentável

O conceito de zero-waste (desperdício zero) tem se tornado cada vez mais relevante como uma prática inovadora para enfrentar o problema dos resíduos têxteis (Stanescu, 2021). Esta abordagem visa eliminar completamente o desperdício ao longo do ciclo de vida de um produto, desde o design até à produção e ao descarte final. O design modular e a utilização de formas retangulares são dois dos métodos mais eficazes neste contexto, permitindo um melhor aproveitamento dos materiais e reduzindo os desperdícios durante a produção (Köhler, 2013).

Os produtos modulares são concebidos de modo que as suas partes possam ser facilmente removidas, substituídas ou atualizadas, prolongando a vida útil das peças. Esta modularidade também permite que diferentes combinações de componentes criem novos produtos sem gerar resíduos adicionais (Hegab et al., 2023). Já o uso de formas retangulares no design de vestuário e acessórios

facilita o corte dos tecidos, minimizando os retalhos descartados e maximizando o aproveitamento do material.

Além disso, o *zero-waste* incentiva o desenvolvimento de padrões de corte mais eficientes e inovadores, nos quais todas as partes do tecido são aproveitadas. Em vez de cortar o tecido em formas complexas que resultam em desperdício, os designs são pensados para utilizar o tecido de maneira mais simples e eficiente. Desta forma, o zero-waste não só contribui para a sustentabilidade ambiental, mas também para uma maior eficiência na produção têxtil.

2.3 Processos têxteis

A implementação de processos têxteis sustentáveis é crucial para a redução do impacto ambiental e para a promoção da economia circular. Esses processos englobam a obtenção de fibras, a fiação open-end, a tecelagem, o desenvolvimento de novos produtos e a confecção. A Figura 6 apresenta uma amostra de cada etapa operacional, utilizando vestuário descartado como matéria-prima pós-consumo, proveniente das recolhas da ToBeGreen em parceria com autarquias, escolas, IPSS (Instituições Particulares de Solidariedade Social) e empresas. Já a Figura 7 ilustra um lote de peças de vestuário recolhidas pela ToBeGreen numa dessas operações.



Figura 6: Mostruário dos fluxos operacionais da ToBeGreen



Figura 7: Lote de vestuário proveniente de uma recolha ToBeGreen

(Foto obtida pelo autor)

2.3.1 Obtenção da fibra

A obtenção da fibra envolve a transformação de peças de vestuário descartadas em novas fibras têxteis. Na primeira etapa, as peças são cortadas em pequenos pedaços, conforme ilustrado na Figura 8. Em seguida, esses pedaços passam pelo processo de separação das fibras. A Figura 9 mostra este processo ainda em andamento, enquanto a Figura 10 apresenta a fase final da separação, na saída da linha de desfibrilação. Este procedimento permite a reutilização de materiais que, de outra forma, seriam descartados.



Figura 8: Máquina de corte da linha de fiação do CITEVE

(Foto obtida pelo autor)



Figura 9: Módulo de desfibrilação da linha de fiação do CITEVE

(Foto obtida pelo autor)



Figura 10: Fibra obtida à saída do módulo de desfibrilação da linha do CITEVE

(Foto obtida pelo autor)

2.3.2 Fiação Open-End

O processo de fiação *open-end*, também conhecido como *rotor spinning*, é uma técnica moderna de produção de fios que difere dos métodos tradicionais, como a fiação por anel. No processo *open-end*, as fibras são individualizadas numa câmara rotativa, onde são alinhadas e entrelaçadas na borda de um rotor em alta velocidade, formando um fio contínuo. Este método é amplamente utilizado na produção de fios a partir de fibras recicladas devido a várias vantagens técnicas e ambientais:

Vantagens técnicas do processo Open-End

- **Eficiência e velocidade:** O processo *open-end* permite uma produção significativamente mais rápida de fios em comparação com a fiação por anel. Isso resulta em maior produtividade e redução de custos operacionais, o que é particularmente vantajoso quando se trabalha com grandes volumes de fibras recicladas (Utebay et al., 2023).
- **Flexibilidade na matéria-prima:** O *open-end* pode processar fibras de diferentes comprimentos e qualidades, incluindo aquelas que resultam do processo de reciclagem de vestuário (Celep et al., 2022). Fibras provenientes de roupas pós-consumo tendem a ser mais curtas e irregulares, e o método *open-end* lida eficientemente com essas características, produzindo fios de qualidade aceitável (Baloyi et al., 2024).
- **Menor necessidade de preparação:** Devido à sua capacidade de lidar com fibras menos uniformes, o processo *open-end* requer menos etapas de preparação da fibra, economizando tempo e recursos na produção (Müssig et al., 2020).

Razão para o uso da fiação Open-End em fibras recicladas:

- **Compatibilidade com fibras curtas:** O *open-end* é ideal para processar fibras que se obtêm maioritariamente curtas durante o processo de reciclagem de tecidos. Vestuários pós-consumo frequentemente resultam em fibras mais curtas após a reciclagem, tornando o *open-end* a escolha ideal (Chevalier, 2021).
- **Custo benefício:** A capacidade de processar grandes volumes de fibras recicladas de maneira eficiente e a um custo relativamente baixo torna o *open-end* uma opção económica para a produção de fios reciclados (Leonas, 2017).
- **Redução de resíduos:** A fiação *open-end* ajuda a integrar resíduos têxteis na cadeia produtiva, promovendo a economia circular e reduzindo o impacto ambiental do setor têxtil (Gupta et al., 2022).

Vantagens ambientais e economia circular

Além das vantagens técnicas, o processo de fiação *open-end* também se destaca do ponto de vista ambiental e de economia circular:

- **Redução de resíduos têxteis:** Este método permite a reciclagem de fibras provenientes de roupas descartadas, que de outra forma seriam enviadas para aterros sanitários. Isso ajuda a mitigar o problema do desperdício têxtil, contribuindo para uma economia mais sustentável (Islam et al., 2021).
- **Menor consumo de energia:** A fiação *open-end* consome menos energia do que métodos tradicionais, o que resulta numa menor pegada de carbono para a produção de fios. Este aspeto é crucial para a produção sustentável em larga escala (Goyal & Nayak, 2020).
- **Fecho do ciclo de vida dos produtos:** A fiação *open-end* facilita o fecho do ciclo de vida dos produtos têxteis ao reintegrar materiais reciclados na cadeia produtiva. Isso está em conformidade com os princípios da economia circular, onde o objetivo é prolongar a vida útil dos materiais e minimizar o desperdício (Wojnowska-Baryła et al., 2024).
- **Valorização de resíduos:** Ao transformar resíduos têxteis em fios novos, o processo de fiação *open-end* valoriza materiais que seriam descartados, promovendo a reutilização e a recuperação de recursos (Papamichael et al., 2023).

2.3.3 Tecelagem

A tecelagem é o processo posterior à fiação e desempenha um papel crucial na cadeia produtiva têxtil. Depois de produzidos, os fios são transformados em tecidos através de processos de tecelagem. Esta fase envolve a interligação de fios longitudinais (teia) e transversais (trama) numa máquina designada por tear, criando uma estrutura que pode variar amplamente em complexidade e finalidade (Franco, 2017; Gandhi, 2019).

- **Preparação da teia:** O primeiro passo na tecelagem é a Urdissagem que consiste na preparação dos fios de teia, que são dispostos paralelamente em rolos e alimentados posteriormente no tear. Para garantir a durabilidade e a uniformidade do tecido final, os fios de teia são geralmente mais resistentes do que os fios de trama e podem passar por um processo de engomagem, onde recebem uma camada de goma para melhorar a resistência à abrasão durante a tecelagem (Drean & Decrette, 2022).
- **Preparação da Trama:** Os fios de trama, que serão entrelaçados com os fios de teia, são preparados e armazenados em bobinas cuja dimensão depende do tipo de tear utilizado. Os fios de trama podem apresentar a mesma ou diferente composição e espessura em relação aos fios de teia, influenciando diretamente as propriedades do tecido final (Penava et al., 2019).
- **Tecelagem propriamente dita:** A tecelagem ocorre quando os fios de teia são mantidos esticados enquanto os fios de trama são inseridos perpendicularmente (Neogi, 2024). Existem vários tipos de teares, incluindo teares manuais e automáticos, mas os mais comuns na produção em massa são os teares mecânicos (Behera, 2008).
 - ✓ **Tecelagem manual:** Ainda usada em algumas indústrias artesanais, permite a produção de tecidos altamente personalizados, mas com limitações em termos de volume e velocidade (Wanniarachchi et al., 2020).
 - ✓ **Tecelagem mecânica:** Utiliza máquinas de tear que automatizam o processo, permitindo maior controle sobre a qualidade e uniformidade do tecido, além de suportar grandes volumes de produção (Gandhi, 2019).
 - **Tear a jato de ar ou água:** Utilizado para alta velocidade e produtividade, especialmente em tecidos leves e finos, onde o fio de trama é lançado por um jato de ar ou água (Gandhi, 2019).
 - **Tear de pinças:** Um exemplo importante na tecelagem moderna é o tear de pinças (Figura 11), que utiliza pequenas pinças para prender e puxar o fio de trama através da

teia. Este tipo de tear oferece várias vantagens:

- **Versatilidade:** O tear de pinças pode trabalhar com uma ampla gama de tipos de fios, desde fios muito delicados até fios mais pesados, o que o torna ideal para a produção de uma grande variedade de tecidos, incluindo aqueles que utilizam fios reciclados (Negm & Sanad, 2020).
- **Precisão e qualidade:** Este tipo de tear oferece alta precisão no posicionamento dos fios de trama, resultando em tecidos de alta qualidade e uniformidade. É particularmente útil para a produção de tecidos que requerem uma estrutura muito regular e precisa (Fayez et al., 2023).
- **Redução de resíduos:** Como as pinças garantem um manuseamento preciso dos fios, há menos desperdício de material durante o processo de tecelagem. Isso é especialmente importante em processos que utilizam fios reciclados, onde a maximização do uso de material é crucial para a sustentabilidade (Pattanayak, 2020).



Figura 11: Tear de pinças Picanol Optimax-i

(Foto obtida pelo autor nas instalações da URENTEL)

2.3.4 Ecodesign e desenvolvimento de produto

O *ecodesign* é um processo fundamental para a ToBeGreen e para a promoção da sustentabilidade e circularidade na indústria têxtil. Este processo vai além da simples criação de peças de vestuário, envolvendo um compromisso estratégico entre o design e a escolha dos materiais, visando reduzir o desperdício e os acessórios, aumentar a usabilidade e projetar o fim de vida das peças desenvolvidas. A Figura 12 exemplifica esse conceito, mostrando como um uniforme descartado foi transformado em acessórios úteis, como bolsas e estojos. Essa prática não só prolonga a vida útil dos materiais, mas também reforça o compromisso da ToBeGreen com a reutilização e a valorização de recursos têxteis.



Figura 12: Reaproveitamento de fardas de trabalho na ToBeGreen

No contexto da ToBeGreen, o *ecodesign* assume uma importância central. Na fase de desenvolvimento de produto, são considerados os impactos ambientais ao longo de todo o ciclo de vida da peça. Desde a seleção de materiais até a produção e descarte, o *ecodesign* tem como objetivo minimizar os resíduos e facilitar a reutilização ou reciclagem das peças no seu fim de vida. Os materiais escolhidos são priorizados com base na sua capacidade de serem reciclados ou reutilizados, preferindo-se tecidos duráveis e fibras naturais ou recicladas, que permitem prolongar a vida útil dos produtos.

Além disso, o *ecodesign* na ToBeGreen abrange práticas inovadoras como a redução de acessórios e componentes supérfluos. A Figura 13 ilustra essa abordagem na sua plenitude, mostrando a utilização de tecido reciclado na criação de laços para ajustar as peças de vestuário ao corpo, substituindo os habituais acessórios metálicos. Esta escolha não só elimina a necessidade de materiais adicionais (como

metais e plásticos) frequentemente usados para fechos e ajustes, mas também simplifica o processo de produção e montagem das peças. Ao optar por designs modulares e simplificados, que utilizam menos elementos decorativos e funcionais, a ToBeGreen reduz o consumo de materiais e torna mais eficiente a reciclagem das peças ao final da sua vida útil. Essa abordagem reduz a complexidade dos produtos, facilitando a sua valorização e reintegração no ciclo produtivo.



Figura 13: Aventais da ToBeGreen totalmente produzidos com tecido reciclado

Outro aspecto crucial do ecodesign é a consideração do fim de vida das peças. Os produtos são projetados antecipando a sua desmontagem e separação dos materiais, permitindo que, quando descartados, os componentes possam ser facilmente valorizados, seja através de processos de reciclagem mecânica, química ou biológica. Assim, o ecodesign contribui para a economia circular, ao fechar o ciclo de vida das peças e garantir que os materiais retornem ao processo produtivo de forma eficiente e sustentável.

Na prática, o ecodesign promovido pela ToBeGreen demonstra que o desenvolvimento de produtos têxteis pode ser inovador e alinhado com as exigências da sustentabilidade, estabelecendo um padrão que pode ser replicado em toda a indústria têxtil.

2.3.5 Confeção

A confeção é a etapa final na cadeia produtiva têxtil, onde os tecidos previamente produzidos são transformados em produtos acabados, como vestuário, acessórios e outros artigos têxteis. Este processo é fundamental para agregar valor aos materiais reciclados, convertendo-os em produtos prontos para o mercado. A confeção sustentável, em particular, vai além da simples reutilização de materiais, incorporando práticas que visam a eficiência energética, a minimização de resíduos e a redução do impacto ambiental em todas as fases da produção (Cooper & Claxton, 2022; Patti et al., 2020; Sawai et al., 2024).

Processos fundamentais da confeção:

- **Corte:** A primeira fase do processo de confeção envolve o corte do tecido (Figura 14) em peças que serão costuradas para formar o produto final. No contexto da confeção sustentável, o corte é planeado para maximizar o aproveitamento do tecido, reduzindo ao mínimo os resíduos. Técnicas como o corte digital assistido por computador (CAD) permitem um planeamento mais preciso e eficiente, minimizando desperdícios e melhorando a eficiência dos materiais (Sawai et al., 2024).



Figura 14: Corte de tecidos na ToBeGreen

(Foto obtida pelo autor)

- **Costura:** Após o corte, as peças de tecido são unidas por costura (Figura 15). A escolha de técnicas de costura adequadas é crucial para garantir a durabilidade do produto final. Numa confecção sustentável, a seleção de linhas e métodos de costura que maximizam a resistência e a longevidade do produto é fundamental, reduzindo a necessidade de substituição frequente e, conseqüentemente, o impacto ambiental (Cooper & Claxton, 2022).



Figura 15: Costura de uma peça em upcycling na ToBeGreen

(Foto obtida pelo autor)

- **Acabamento:** O acabamento inclui uma variedade de processos, como a adição de botões, zíperes, etiquetas, e o tratamento final do produto para garantir qualidade e estética. Na confecção sustentável, são preferidos materiais de acabamento que sejam recicláveis ou biodegradáveis, e métodos que minimizem o uso de substâncias químicas nocivas (Patti et al., 2020).

Confeção sustentável

A confecção sustentável é um conceito que abrange várias práticas destinadas a reduzir o impacto ambiental da produção têxtil. Os principais aspectos da confecção sustentável incluem:

- **Reutilização de materiais:** A confecção sustentável prioriza o uso de tecidos reciclados, que já passaram por um processo de reaproveitamento de fibras, promovendo assim a economia circular. Isso não só reduz a procura de novos materiais, mas também diminui a quantidade de resíduos têxteis que terminam em aterros (Keßler et al., 2021).
- **Eficiência energética:** A eficiência energética é outra preocupação central. As confecções que executam práticas de sustentabilidade procuram otimizar o consumo de energia, implementando tecnologias de baixo consumo e processos de produção mais eficientes. Por exemplo, o uso de máquinas de costura modernas que consomem menos energia, ou

sistemas de iluminação *LED*, contribui significativamente para a redução da pegada de carbono (Islam et al., 2021).

- **Minimização de resíduos:** Além de minimizar o desperdício de tecido durante o corte, a confecção sustentável também se preocupa com a gestão dos resíduos gerados ao longo do processo de produção. Isso pode incluir a reciclagem de sobras de tecido, a reutilização de materiais de embalagem e a compostagem de resíduos orgânicos. Alguns modelos de negócio adotam a produção de “*zero waste*”, onde cada pedaço de tecido é aproveitado, seja incorporado ao produto final ou utilizado para criar novos artigos, como acessórios ou detalhes decorativos (Stanescu, 2021).
- **Práticas laborais sustentáveis:** A confecção sustentável também implica práticas laborais justas, onde as condições de trabalho são seguras, e os trabalhadores recebem um salário justo. Isto é fundamental para garantir que a sustentabilidade se estenda além do impacto ambiental e inclua o bem-estar social (Fernando et al., 2022).
- **Inovação e design consciente:** O design consciente é uma peça chave na confecção sustentável. Isso envolve criar produtos que não apenas atendam às necessidades estéticas e funcionais do consumidor, mas que também considerem todo o ciclo de vida do produto. Produtos desenhados para durarem mais, serem facilmente desmontados e reciclados, ou mesmo para terem múltiplas finalidades, são aspetos importantes na criação de um produto sustentável (Harmsen et al., 2021).

Impactos positivos da confecção sustentável

- **Redução da pegada de carbono:** A adoção de práticas eficientes e a reutilização de materiais contribuem para a diminuição da pegada de carbono da indústria têxtil, uma das mais poluentes do mundo (Payet, 2021).
- **Promoção da economia circular:** Ao transformar tecidos reciclados em novos produtos, a confecção sustentável fecha o ciclo de vida dos materiais têxteis, promovendo a economia circular e reduzindo a dependência de recursos naturais virgens (Keßler et al., 2021).
- **Valorização de resíduos:** Ao incorporar resíduos e sobras de produção em novos produtos, a confecção sustentável não só minimiza o desperdício, mas também cria valor a partir de materiais que, de outra forma, seriam descartados (Patti et al., 2020).
- **Conscientização e educação do consumidor:** Produtos confeccionados de forma sustentável podem ajudar a educar e conscientizar os consumidores sobre a importância de escolhas responsáveis e do impacto ambiental das suas compras (Kumar et al., 2021).

2.3.6 Empresas e iniciativas bem-sucedidas

A implementação de práticas de economia circular e sustentabilidade na indústria têxtil tem sido um foco crescente para muitas empresas. Diversas organizações têm adotado abordagens inovadoras para transformar resíduos têxteis em recursos valiosos, reduzindo assim o seu impacto ambiental e criando novos modelos de negócios sustentáveis. Neste subcapítulo, destacam-se algumas empresas e iniciativas que exemplificam o sucesso na aplicação de processos têxteis sustentáveis, com foco na reutilização de vestuário descartado, reciclagem de fibras e produção de novos produtos.

A **ToBeGreen** (Figura 16) é um exemplo notável de uma empresa que opera com base nos princípios da economia circular, aplicando processos têxteis sustentáveis para valorizar vestuário em fim de vida. A empresa especializou-se na recolha, separação, triagem e transformação de roupas descartadas em novos produtos têxteis. A ToBeGreen utiliza técnicas como a obtenção de fibra a partir de roupas usadas, seguida pela fiação para produzir novos fios. Esses fios são convertidos em novos tecidos, que são utilizados na confecção de uma variedade de produtos. A empresa não só reduz significativamente a quantidade de resíduos têxteis que iriam para aterros, mas também cria um ciclo fechado em que os materiais são continuamente reutilizados. A ToBeGreen exemplifica a aplicação prática dos processos têxteis sustentáveis, contribuindo significativamente para a redução de resíduos e a conservação de recursos naturais, além de promover a consciencialização e o empenho comunitário através de parcerias e programas de recolha.



Figura 16: Logotipo da ToBeGreen

Patagonia (Figura 17), uma marca de vestuário, é reconhecida globalmente pelas suas práticas sustentáveis, integrando a economia circular no seu modelo de negócios. A empresa promove a reutilização e a reciclagem de materiais, destacando-se em iniciativas como o *Worn Wear Program*, que

incentiva os clientes a devolverem roupas usadas para reparação, revenda ou reciclagem. Além disso, a *Patagonia* utiliza poliéster reciclado nos seus produtos, proveniente de garrafas plásticas e roupas antigas, comprometendo-se com a transparência na sua cadeia de valor. As práticas da *Patagonia* não só diminuem a procura de novos recursos, mas também educam os consumidores acerca da importância da sustentabilidade (Dzombak et al., 2020).



Figura 17: Logotipo da Patagonia

H&M (Figura 18) é uma gigante do fast fashion que, apesar das críticas, tem investido em práticas sustentáveis através de iniciativas globais de reciclagem de roupas. O programa *Garment Collecting Initiative* da *H&M* permite que os consumidores devolvam roupas usadas em troca de descontos, incentivando a reciclagem e a redução de resíduos. As roupas recolhidas são classificadas e processadas para serem reutilizadas ou recicladas em novos produtos. Além disso, a *H&M* lançou a *Conscious Collection*, uma linha de produtos feitos com materiais reciclados e sustentáveis, como algodão orgânico e poliéster reciclado. Essas iniciativas tornam a sustentabilidade mais acessível ao grande público e reduzem significativamente o desperdício têxtil (Wren, 2022).



Figura 18: Logotipo da H&M

Levi Strauss & Co. (Figura 19) tem sido líder em práticas sustentáveis, com foco especial na conservação de água e na reciclagem de têxteis. A empresa desenvolveu o *Water<Less™ Program*, que economiza água na produção de jeans, e a *Wellthread™ Collection*, que utiliza algodão reciclado e outras práticas sustentáveis na produção dos seus artigos. Além disso, a *Levi's* colabora com outras organizações para desenvolver novas tecnologias de reciclagem de têxteis, promovendo um modelo de produção mais circular e transparente. As iniciativas da *Levi Strauss & Co.* mostram como a inovação pode reduzir o impacto ambiental e ao mesmo tempo criar produtos de alta qualidade (De Lucia et al., 2022).



Figura 19: Logotipo da Levi's

2.4 Tecnologia e inovação

A inovação tecnológica é um pilar fundamental para a transformação e sustentabilidade de empresas que operam em setores como o têxtil, onde a gestão eficiente de resíduos e a implementação de práticas de economia circular são essenciais. Empresas como a ToBeGreen, que se dedicam à valorização de vestuário em fim de vida, podem beneficiar do uso de tecnologias inovadoras para otimizar os processos, aumentar a eficiência operacional e reduzir o impacto ambiental. Neste contexto, as ferramentas digitais desempenham um papel crucial, com uma ênfase especial nas plataformas *low-code*, que oferecem uma combinação única de flexibilidade, acessibilidade e escalabilidade (Alamin, 2022).

2.4.1 Ferramentas tradicionais versus ferramentas *Low-code*

Historicamente, as empresas têm dependido de ferramentas digitais complexas, como sistemas de gestão empresarial (ERP - Enterprise Resource Planning), software personalizado e plataformas de TI (Tecnologias de Informação) robustas para gerir operações e dados. Essas ferramentas, embora

poderosas, costumam exigir investimentos significativos em termos de tempo, recursos financeiros e mão de obra especializada. O desenvolvimento e a manutenção de software personalizado, por exemplo, podem ser demorados e caros, além de exigir habilidades técnicas avançadas que nem todas as empresas possuem internamente (Kukreti, 2023).

Em contraste, as ferramentas *low-code* representam uma revolução ao permitir que empresas criem aplicações personalizadas sem a necessidade de programação complexa (Korczak, 2023). Estas plataformas oferecem interfaces intuitivas e funcionalidades arrastar-e-soltar, permitindo que qualquer pessoa, mesmo sem conhecimentos técnicos profundos, desenvolva soluções digitais à medida, de acordo com as necessidades operacionais (Ledl, 2022). Essa acessibilidade democratiza a inovação, permitindo que empresas de todos os tamanhos, incluindo *startups* e pequenas empresas como a ToBeGreen, desenvolvam e implementem rapidamente soluções eficientes.

As ferramentas *low-code* também proporcionam uma agilidade incomparável na adaptação e escalabilidade das operações (Frank et al., 2021). As empresas podem iniciar com soluções simples e expandir as suas funcionalidades à medida que as suas necessidades crescem, sem enfrentar as barreiras tradicionais de desenvolvimento de software. Isto é particularmente valioso em contextos onde a rapidez na resposta às mudanças do mercado e a flexibilidade na operação são cruciais para o sucesso (Elshan et al., 2023).

2.4.2 Google Appsheet

Entre as plataformas *low-code*, o *Google Appsheet* destaca-se pela sua facilidade de uso, integração com outras ferramentas do *Google Workspace*, e capacidades avançadas de automação e personalização (Simon, 2022). O *Appsheet* permite que empresas criem aplicações móveis e *web* diretamente a partir de dados armazenados em folhas de cálculo, como o *Google Sheets*, transformando esses dados em sistemas de gestão completos, *dashboards* interativos e fluxos de trabalho automatizados (Di Ruscio et al., 2022).

Para uma empresa como a ToBeGreen, o *Appsheet* oferece várias vantagens. Permite a centralização de informações operacionais, facilitando a monitorização em tempo real de todos os processos, desde a recolha e triagem de vestuário até à reciclagem e confeção de novos produtos. A capacidade de criar *dashboards* personalizados significa que a gestão pode ter uma visão clara e instantânea do desempenho da empresa, identificar potenciais erros e tomar decisões informadas rapidamente.

Além disso, o *Appsheet* facilita a colaboração entre diferentes equipas e partes interessadas, pois as aplicações podem ser acedidas por qualquer dispositivo com ligação à internet. Isso é especialmente útil

numa empresa como a ToBeGreen, onde a recolha de resíduos ocorre em múltiplos pontos, como escolas e empresas, exigindo uma coordenação eficiente entre todos os envolvidos. A automação de tarefas repetitivas, como a geração de relatórios e o envio de notificações, também disponibiliza tempo para que os funcionários se concentrem em atividades de maior valor agregado, como a inovação de produtos e a expansão de parcerias.

2.4.3 Exemplos de empresas bem-sucedidas que utilizam o Appsheet

Várias empresas em diferentes setores têm adotado o *Appsheet* para melhorar as suas operações e alcançar o sucesso. A seguir, destacam-se alguns exemplos de empresas que implementaram esta plataforma com resultados positivos:

- **AIRBUS**³: (Figura 20) um dos maiores fabricantes de aeronaves do mundo, utiliza o *Appsheet* para digitalizar e otimizar os processos de produção e manutenção. Num setor onde a precisão e a conformidade com rigorosas normas internacionais são cruciais, a *Airbus* desenvolveu aplicações personalizadas no *Appsheet* para gerir inspeções e manutenções nas suas instalações e aeronaves. Essas aplicações permitem que os técnicos registem dados críticos em tempo real, melhorando a rastreabilidade, a eficiência operacional e a tomada de decisões. A flexibilidade e a capacidade de customização do *Appsheet* têm sido fundamentais para a *Airbus*, permitindo uma rápida adaptação às necessidades específicas de diferentes linhas de produção, sem comprometer a segurança ou a qualidade.



Figura 20: Logotipo da *AIRBUS*

³ URL: <https://cloud.google.com/customers/featured/airbus>

- **LIXIL**⁴: (Figura 21) uma multinacional japonesa que oferece soluções de água e habitação, também adotou o *Appsheet* para melhorar a eficiência das suas operações. A *LIXIL* utiliza o *Appsheet* principalmente para fazer a gestão das inspeções e manutenção nas suas fábricas, onde a centralização e padronização dos processos têm reduzido significativamente o tempo de execução e minimizado erros. A capacidade de aceder e atualizar informações em tempo real tem sido vital para a empresa, permitindo que gestores tomem decisões mais rápidas e informadas. Além disso, a *LIXIL* beneficia-se da capacidade do *Appsheet* em se adaptar rapidamente às diferentes necessidades operacionais em várias regiões, melhorando assim a eficiência e a eficácia geral das suas operações.



Figura 21: Logotipo da LIXIL

- **BHI**⁵: (Figura 22) uma empresa de construção que expandiu as suas operações para diversas indústrias em mais de 25 estados dos EUA, adotou o *Google AppsSheet* para transformar as operações e melhorar significativamente a eficiência e a produtividade. Inicialmente, a empresa enfrentava desafios com sistemas antigos de e-mail e compartilhamento de arquivos, o que limitava a colaboração e a eficiência dos funcionários. Com a migração para o *Google Workspace* e a implementação do *Appsheet*, a *BHI* conseguiu descentralizar as operações e permitir a colaboração em tempo real em mais de 150 locais de trabalho. A empresa desenvolveu e implantou mais de 115 aplicações no *Appsheet* em menos de dois anos, melhorando processos como inspeções de campo, manutenção de frotas e controle de projetos de construção. Um exemplo marcante é a redução do tempo necessário para gerar

⁴ URL: <https://cloud.google.com/customers/lixil>

⁵ URL: <https://workspace.google.com/customers/bhi/>

relatórios de inspeção de duas horas para apenas seis minutos, economizando mais de \$50.000 por mês em custos de mão de obra. Além disso, o uso do *Appsheet* permitiu que a *BHI* eliminasse a dependência de softwares de terceiros e capacitasse funcionários fora da área de TI a desenvolverem as suas próprias aplicações, impulsionando a inovação e melhorando a moral dos funcionários.



Figura 22: Logotipo da BHI

- **EDI⁶:** (Figura 23) uma empresa de consultoria ambiental com operações em oito escritórios na zona oeste e no norte do Canadá, utiliza o *Google Appsheet* para otimizar as suas operações de campo e melhorar a eficiência nas suas atividades de pesquisa ambiental. Com 80% dos funcionários a trabalhar como biólogos, cientistas, inspetores de segurança e gerentes de projetos em áreas remotas, a *EDI* enfrentava desafios significativos ao gerir dados e coordenar equipas de trabalho distribuídas geograficamente. Antes do *Appsheet*, muitas das operações de campo da *EDI* ainda dependiam de processos manuais com papel e caneta, o que frequentemente resultava em atrasos e erros. Ao adotar o *Appsheet*, a *EDI* conseguiu digitalizar e personalizar as operações no terreno. Um exemplo notável é a redução do tempo necessário para completar avaliações de segurança prévias a missões de campo, que caiu de quatro horas para apenas uma hora, economizando mais de 2.550 horas de trabalho por ano. A plataforma também permite que os trabalhadores em áreas remotas recolham dados *offline*, que são sincronizados automaticamente quando eles se voltarem a ligar à *internet*, melhorando a precisão e a integridade dos dados. Além disso, a integração do *Appsheet* com outras ferramentas do *Google Workspace* facilita a colaboração e a gestão de dados em toda a organização, oferecendo à *EDI* uma vantagem competitiva significativa no mercado.

⁶ URL: <https://workspace.google.com/customers/edi/>



Figura 23: Logotipo da Environmental Dynamics Inc. (EDI)

2.5 Desafios e oportunidades na implementação da tecnologia

Embora as tecnologias *low-code*, como o *Google Appsheet*, ofereçam inúmeras vantagens para empresas que buscam otimizar as suas operações e implementar práticas de economia circular, a adoção destas tecnologias não está isenta de desafios. Neste subcapítulo, são explorados os principais desafios enfrentados pelas empresas ao implementar estas inovações tecnológicas, bem como as oportunidades que surgem para otimização e inovação contínua.

2.5.1 Desafios tecnológicos e organizacionais

- **Inovação tecnológica e integração de sistemas:** Um dos principais desafios enfrentados pelas empresas ao adotar plataformas *low-code* é a integração dessas novas tecnologias com os sistemas já existentes. Muitas empresas, especialmente as de maior dimensão, possuem sistemas de TI complexos e personalizados que foram desenvolvidos ao longo de décadas. A integração de plataformas modernas como o *Google Appsheet* com esses sistemas mais antigos pode ser complexa e demorada, exigindo soluções criativas e, em alguns casos, a substituição gradual desses sistemas antigos por novas tecnologias (Simon, 2022).
- **Adaptação dos colaboradores:** Outro desafio significativo é a adaptação dos colaboradores às novas ferramentas tecnológicas. Embora as plataformas *low-code* sejam projetadas para serem acessíveis a utilizadores sem conhecimentos técnicos avançados, a transição para um ambiente de trabalho digitalizado pode ser desafiadora para alguns membros da equipa. Formação adequada e suporte contínuo são essenciais para garantir

que todos os colaboradores possam utilizar as novas ferramentas de forma eficaz e produtiva. As empresas devem investir em programas de capacitação para assegurar que os seus colaboradores estejam preparados para tirar o máximo proveito das vantagens que estas tecnologias oferecem (Frank et al., 2021).

- **Segurança e conformidade:** A implementação de novas tecnologias também levanta questões sobre segurança e conformidade. Empresas que lidam com grandes volumes de dados sensíveis, como informações de clientes ou dados operacionais críticos, devem garantir que as novas soluções tecnológicas atendam aos mais altos padrões de segurança. Além disso, a conformidade com regulamentações locais e internacionais, como o *GDPR*¹ na Europa, deve ser cuidadosamente considerada ao integrar novas plataformas no ambiente corporativo (Sharma, 2019).

2.5.2 Oportunidades de otimização e inovação

- **Adoção de tecnologias *Low-Code*:** As plataformas *low-code*, como o *Google Appsheet*, oferecem uma oportunidade única para empresas de todos os tamanhos desenvolverem soluções personalizadas de forma rápida e eficiente, sem a necessidade de grandes investimentos em desenvolvimento de software. Isso permite que as empresas respondam rapidamente às mudanças do mercado e às novas exigências operacionais. A flexibilidade oferecida pelas plataformas *low-code* facilita a adaptação contínua dos processos empresariais, permitindo que as empresas otimizem as suas operações e melhorem a eficiência em tempo real (Sharma, 2019).
- **Escalabilidade e expansão:** Outra grande oportunidade proporcionada pelas tecnologias *low-code* é a escalabilidade. As empresas podem começar com soluções simples e expandir as suas funcionalidades à medida que as suas necessidades crescem, sem a necessidade de reescrever o código ou contratar desenvolvedores especializados. Isso é particularmente

¹ O GDPR (General Data Protection Regulation) é o Regulamento Geral sobre a Proteção de Dados da União Europeia
URL: <https://gdpr.eu>

valioso para empresas em crescimento, que precisam de soluções tecnológicas que possam evoluir junto com os seus negócios (Di Ruscio et al., 2022).

- **Parcerias e colaborações:** A tecnologia também abre novas oportunidades para parcerias e colaborações entre empresas. Ao adotar plataformas tecnológicas como o *Google Appsheet*, as empresas podem compartilhar dados e colaborar de forma mais eficaz com parceiros de negócios, fornecedores e clientes. Essa colaboração pode levar a inovações conjuntas, como o desenvolvimento de novos produtos ou a otimização de processos compartilhados, beneficiando todas as partes envolvidas (Cavillier, 2019).
- **Inovação contínua:** A adoção de novas tecnologias promove uma cultura de inovação contínua dentro das organizações. Com ferramentas que permitem a exploração e a rápida implementação de ideias, as empresas estão mais capacitadas para testar novos modelos de negócios, processos operacionais e abordagens de mercado. Essa capacidade de inovar constantemente pode proporcionar uma vantagem competitiva significativa, permitindo que as empresas se adaptem rapidamente às mudanças e permaneçam à frente da concorrência (Dymitrowski & Mielcarek, 2021).

3 Metodologia de investigação e tecnologias

Neste capítulo, será detalhada a abordagem metodológica adotada no desenvolvimento da aplicação para a ToBeGreen, que atua na gestão de resíduos têxteis e na promoção de práticas de economia circular. A metodologia foi selecionada para garantir a adequação da solução às necessidades específicas da empresa, integrando tecnologias modernas com práticas de gestão eficientes. Além disso, o capítulo discutirá em profundidade o processo de *ETL* (Extração, Transformação e Carregamento), essencial para garantir a integridade e a utilidade dos dados na aplicação.

A escolha da metodologia foi orientada não apenas pela necessidade de desenvolver uma solução tecnológica eficaz, mas também pela importância de assegurar que essa solução estivesse alinhada com os princípios de sustentabilidade que são centrais para a missão da ToBeGreen. A integração de tecnologias modernas, como as plataformas *low-code*, permitiu uma abordagem ágil ao desenvolvimento, facilitando a adaptação contínua da aplicação às mudanças nas necessidades operacionais e regulatórias. Além disso, foi dada especial atenção à capacidade da metodologia de suportar a inovação contínua, garantindo que a aplicação pudesse evoluir e crescer juntamente com a empresa, à medida que novos desafios e oportunidades surgissem no contexto da economia circular.

O capítulo também abordará as razões para a seleção das ferramentas e tecnologias empregues no projeto, com ênfase na capacidade de estas oferecer soluções escaláveis e personalizáveis, que atendem não apenas às exigências imediatas da ToBeGreen, mas que também proporcionam uma base sólida para futuras expansões e melhorias. A abordagem metodológica adotada reflete um equilíbrio entre a inovação tecnológica e a eficiência operacional, assegurando que a aplicação desenvolvida seja tanto uma resposta às necessidades atuais da empresa quanto um catalisador para a sua evolução contínua.

3.1 Metodologia de investigação

A metodologia de investigação adotada foi delineada para compreender as necessidades operacionais da ToBeGreen, identificar oportunidades de otimização e desenvolver uma solução tecnológica que esteja em sintonia com os objetivos de sustentabilidade da empresa. Esta abordagem metodológica foi estruturada em várias etapas (Figura 24), que garantiram a implementação de uma aplicação eficiente e adaptável.

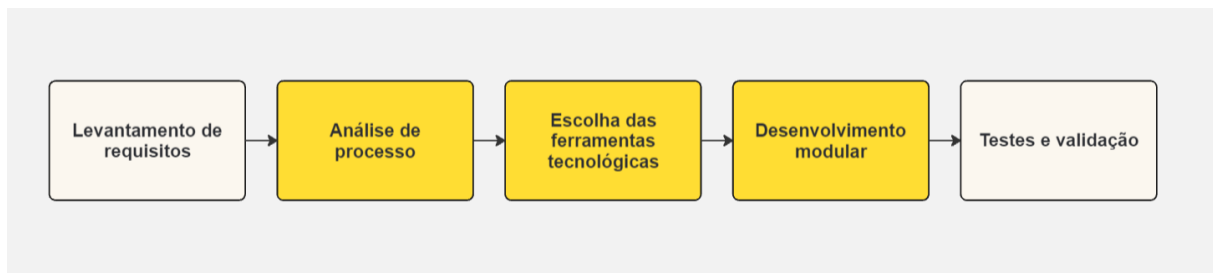


Figura 24: Esquema geral da metodologia de investigação

3.1.1 Levantamento de requisitos

O levantamento de requisitos foi a primeira etapa do processo de investigação e envolveu uma abordagem colaborativa com a equipa da ToBeGreen. Foram realizadas entrevistas com gestores e outros colaboradores-chave para compreender as dificuldades e necessidades específicas em cada etapa do processo operacional. Além disso, foram conduzidas sessões de observação direta e sessões de trabalho para mapear os fluxos de trabalho e identificar pontos críticos que necessitavam de melhorias. Este processo inicial foi fundamental para assegurar que todas as áreas críticas da operação fossem abrangidas, garantindo que a solução tecnológica desenvolvida fosse verdadeiramente alinhada com as realidades e desafios do dia a dia da ToBeGreen.

Para além das entrevistas e observações, foi também realizada uma análise documental que incluiu a revisão de relatórios operacionais, manuais de procedimentos e outros documentos internos da empresa. Esta revisão permitiu uma compreensão mais profunda das práticas estabelecidas e das normas que orientam as operações diárias. A participação ativa dos colaboradores foi encorajada ao longo deste processo, não apenas para recolher informações relevantes, mas também para envolver a equipa no processo de mudança, aumentando a aceitação das soluções propostas. A combinação dessas abordagens permitiu a criação de uma base sólida de conhecimento sobre as operações da ToBeGreen, sobre a qual foram construídas as especificações da aplicação, garantindo que as necessidades operacionais fossem atendidas de forma eficaz e sustentável.

3.1.2 Análise dos processos

Com os dados recolhidos na fase de levantamento de requisitos, foi realizada uma análise detalhada dos processos internos da ToBeGreen. Esta análise incluiu:

- **Mapeamento de processos:** Cada etapa do fluxo de trabalho foi mapeada para identificar redundâncias, ineficiências e áreas com potencial para automação. O mapeamento (Figura 25) revelou, por exemplo, que a fase de triagem poderia ser significativamente acelerada com a introdução de soluções tecnológicas para rastreamento e categorização de resíduos.

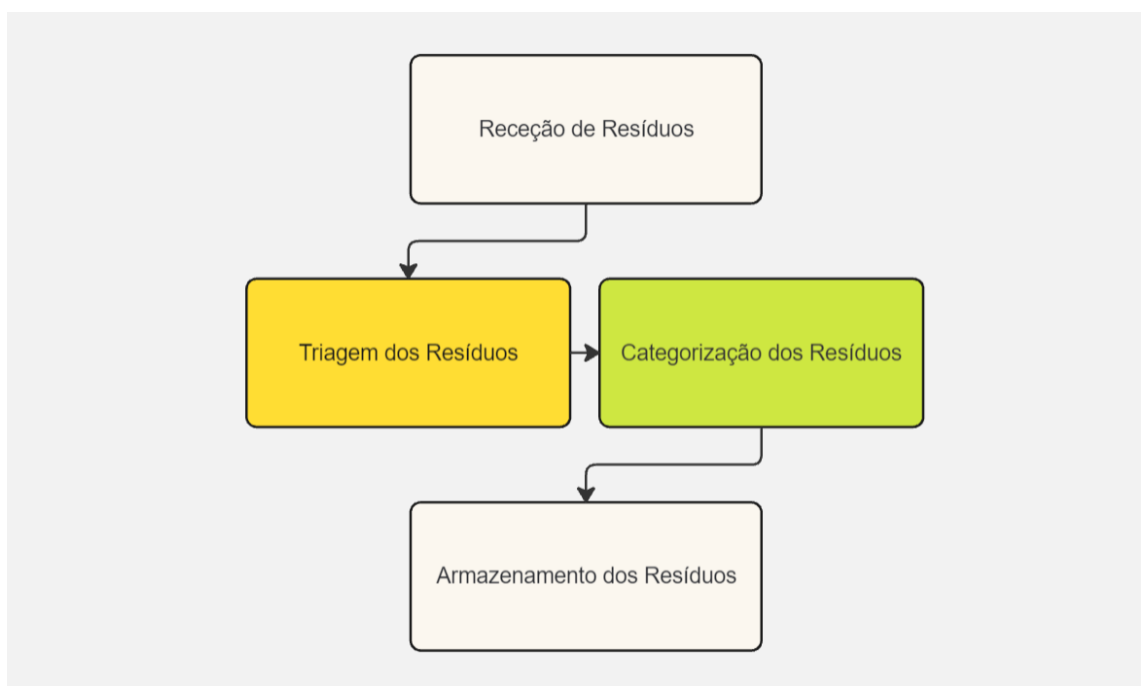


Figura 25: Mapeamento de processos

- **Análise de desempenho:** Foram avaliadas métricas de desempenho, como tempo de processamento, taxa de erros e desperdício de recursos. A análise mostrou que processos manuais, como a documentação de entradas e a geração de relatórios, estavam a causar atrasos e inconsistências.
- **Identificação de restrições operacionais:** A análise dos processos destacou pontos críticos que limitavam a eficiência das operações, como a dependência de sistemas antigos ou a falta de integração entre diferentes etapas operacionais. Com base nessas identificações, foram propostas intervenções tecnológicas para eliminar ou mitigar essas restrições.

3.1.3 Escolha das ferramentas tecnológicas

Após a análise dos processos, a escolha das ferramentas tecnológicas foi guiada pela necessidade de flexibilidade, escalabilidade e integração com os sistemas existentes (Figura 26). A principal ferramenta selecionada foi o *Google Appsheet*, devido à sua capacidade de desenvolvimento rápido e à sua compatibilidade com outras soluções do *Google Workspace* (Malik, 2021).

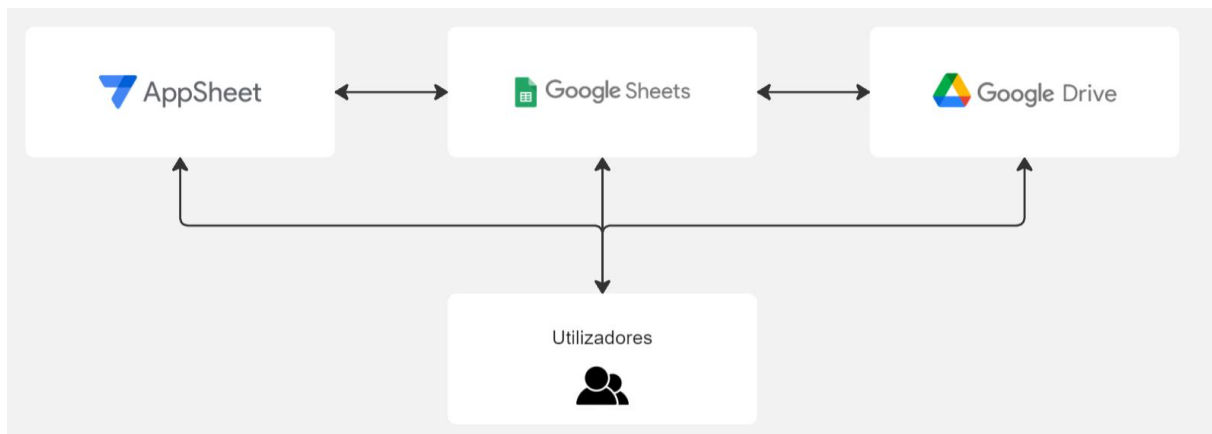


Figura 26: Esquema de integração das ferramentas tecnológicas

Processo de ETL (Extração, Transformação e Carregamento)

Para garantir que os dados utilizados na aplicação fossem precisos, consistentes e sempre atualizados, foi implementado um processo de ETL (Extração, Transformação e Carregamento). Este processo é essencial para assegurar que a informação flui de maneira eficiente entre os diferentes módulos da aplicação, garantindo que todas as operações da ToBeGreen sejam suportadas por dados fiáveis (Katragsadda et al., 2015).

- **Extração:** A fase de extração envolveu a recolha de dados de várias fontes, incluindo registos operacionais, inventários e informações recolhidas durante as operações diárias. Estes dados passam a ser recolhidos automaticamente, assegurando que a aplicação opera com as informações mais recentes e relevantes.
- **Transformação:** Durante a fase de transformação, os dados extraídos foram processados para garantir que estivessem num formato utilizável pela aplicação. Isto incluiu a normalização dos dados, a eliminação de duplicidades, a correção de erros e a categorização das peças de vestuário de acordo com os critérios estabelecidos pela ToBeGreen (reutilização, *upcycling* ou reciclagem).
- **Carregamento:** Finalmente, os dados transformados foram carregados na aplicação *Google Appsheet*, passando a ser utilizados para suportar as operações em tempo real. Este processo

de carregamento contínuo assegura que todas as funcionalidades da aplicação, desde o rastreio de produto até à gestão de inventário, operem com base em dados fiáveis e atualizados.

O processo de ETL (Figura 27) é, portanto, uma componente crítica na implementação da aplicação, garantindo que a ToBeGreen possa gerir os seus fluxos operacionais de forma eficaz e sustentável.

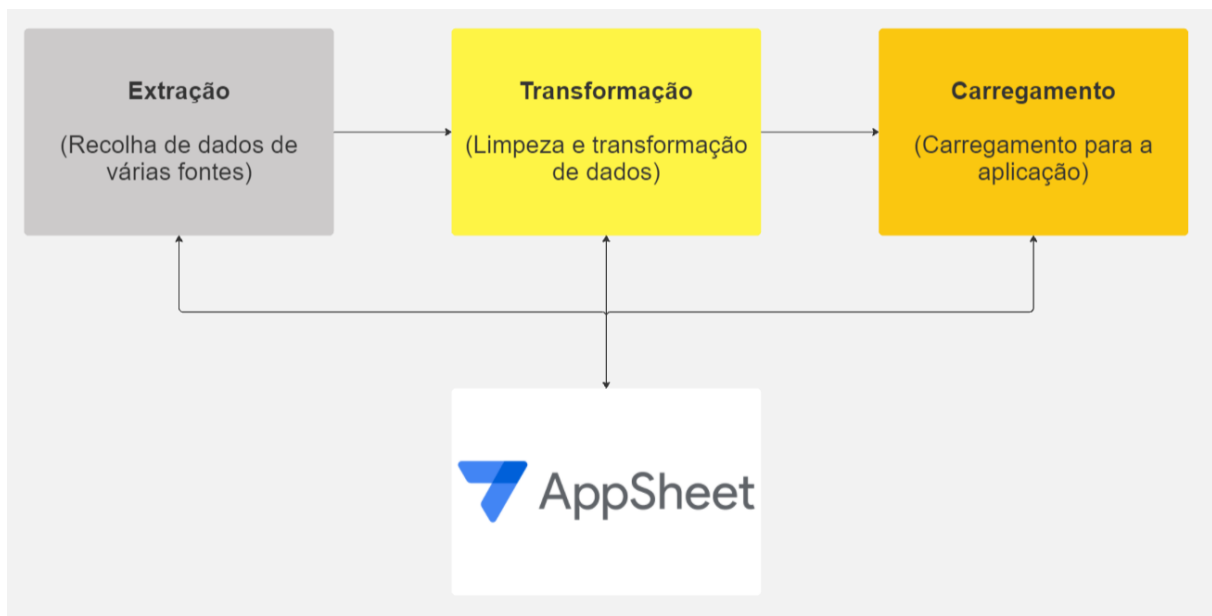


Figura 27: Esquema simplificado do processo de ETL

Razões para a escolha do Google Appsheet:

- **Flexibilidade:** O *Appsheet* permite a criação de aplicações personalizadas que podem evoluir com as necessidades da empresa. Esta flexibilidade foi crucial para a ToBeGreen, que opera num setor dinâmico onde as exigências podem mudar rapidamente (Alamin, 2022).
- **Facilidade de uso:** Como uma plataforma *low-code*, o *Appsheet* permite que colaboradores sem formação técnica participem no desenvolvimento e manutenção das aplicações, facilitando a adaptação e o uso da tecnologia em toda a organização (Simon, 2022).
- **Integração com Google Sheets:** A integração nativa com o *Google Sheets* foi um diferencial importante, pois permitiu a centralização dos dados numa única plataforma, facilitando o processo de ETL e garantindo a consistência dos dados (Di Ruscio et al., 2022).

3.1.4 Desenvolvimento modular

O desenvolvimento da aplicação *Google Appsheet* para a ToBeGreen foi orientado para centralizar e otimizar os fluxos operacionais da empresa. A aplicação foi estruturada em nove módulos principais, cada um concebido para gerir uma área específica do processo operacional, desde a recolha e triagem das peças de vestuário até à sua transformação final em novos produtos têxteis. Este subcapítulo descreve o desenvolvimento de cada módulo projetados para garantir a eficácia, segurança e escalabilidade da aplicação.

A aplicação foi organizada em nove módulos principais, assegurando uma gestão eficiente e centralizada dos processos operacionais da ToBeGreen (Figura 28).

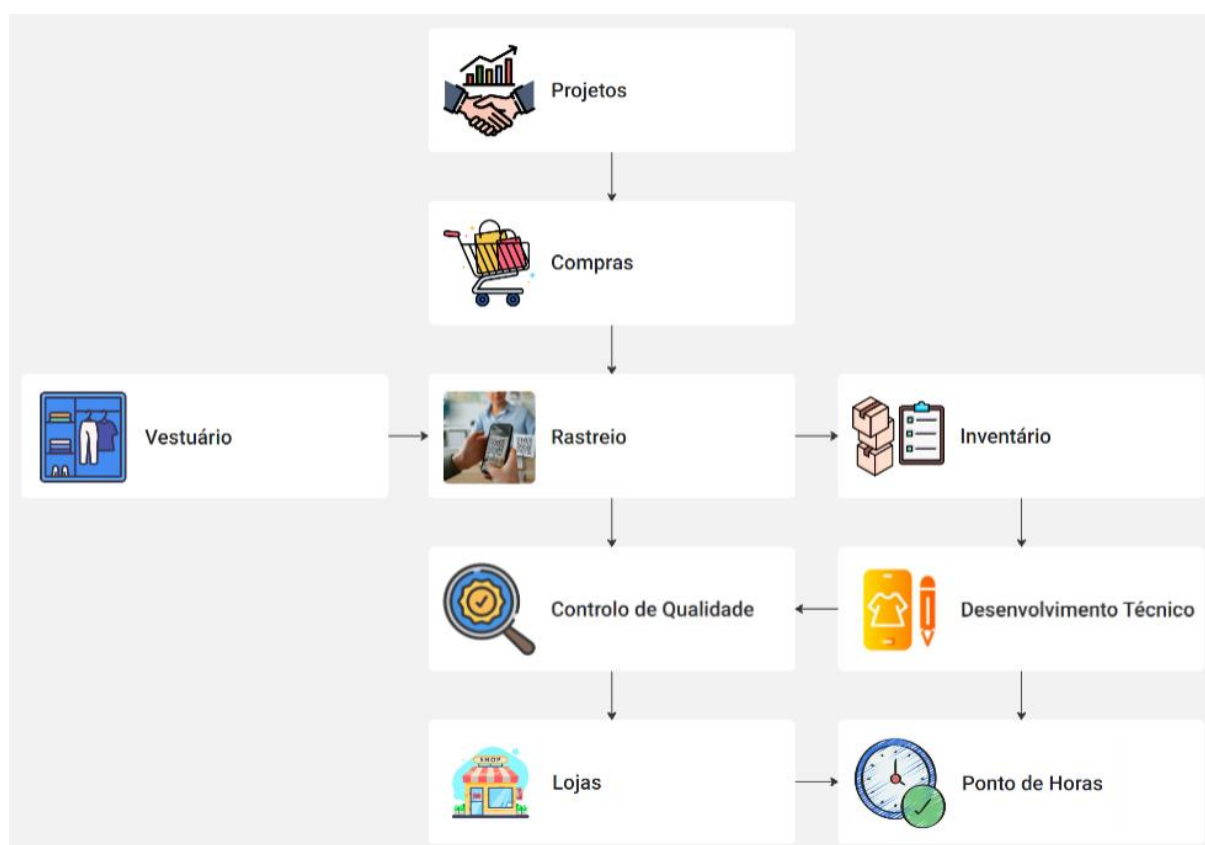


Figura 28: Diagrama de arquitetura modular da aplicação

- Módulo de projetos:** Este módulo gere a coordenação de diferentes projetos dentro da ToBeGreen, permitindo o acompanhamento de todas as etapas do ciclo de vida de um projeto, desde a conceção até à conclusão. Inclui e prevê funcionalidades para a gestão de cronogramas, recursos e atribuição de tarefas, garantindo que todos os projetos sejam concluídos dentro dos prazos e orçamentos estipulados.

- 2. Módulo de compras:** Desenvolvido para centralizar e otimizar o processo de aquisição de materiais, este módulo integra-se com o módulo de Inventário para garantir que os níveis de stock sejam mantidos de forma eficiente. Permite ainda a rastreabilidade completa das compras, desde o pedido até à receção, ajudando a evitar ruturas de stock e garantindo o fornecimento contínuo de materiais essenciais.
- 3. Módulo de rastreio de produto:** Este módulo permite o rastreamento detalhado de cada peça de vestuário desde a recolha até ao produto final. Utilizando tecnologias de leitura de *QRCodes* e códigos de barras, permite que os dados sejam rapidamente recolhidos e atualizados, assegurando uma rastreabilidade completa e facilitando o controlo de qualidade em todas as fases do processo.
- 4. Módulo de desenvolvimento técnico:** Focado na gestão das especificações técnicas dos produtos, este módulo permite que as características de cada peça de vestuário, como materiais, padrões e técnicas de confeção, sejam detalhadamente documentadas e monitorizadas. A integração deste módulo com os restantes permite uma gestão coesa e eficiente do desenvolvimento técnico dos produtos.
- 5. Módulo de controlo de qualidade:** Este módulo centraliza os processos de controlo de qualidade, permitindo a monitorização contínua da conformidade dos produtos com as especificações técnicas e normativas estabelecidas. Inclui a capacidade de registar e analisar não conformidades, bem como de implementar ações corretivas para assegurar a qualidade dos produtos finais.
- 6. Módulo de inventário:** Responsável pela gestão do stock de materiais e produtos acabados, este módulo garante que todas as movimentações de stock sejam registadas e monitorizadas em tempo real. A integração com os módulos de Compras e Rastreio de Produto assegura que as informações sobre inventário estejam sempre atualizadas e acessíveis, evitando perdas e otimizações inadequadas.
- 7. Módulo de lojas:** Desenvolvido para gerir as operações das lojas físicas da ToBeGreen, que

atualmente funcionam num modelo de troca de vestuário e gamificação⁸. No entanto, este módulo também suporta as atividades em feiras e exposições onde a ToBeGreen participa, podendo realizar vendas diretas ao público. É neste módulo que se faz a gestão dessas vendas e dos stocks associados. Embora as lojas físicas ainda não realizem vendas a dinheiro, o módulo foi preparado para a integração futura com sistemas de comunicação às finanças, garantindo conformidade com os requisitos legais para operações de venda, à medida que as operações evoluam.

8. Módulo de vestuário: Este módulo é central para as operações da ToBeGreen, sendo responsável pela gestão das recolhas, triagem, categorização e armazenamento das peças de vestuário descartadas. Aqui, as peças são classificadas conforme o seu estado de conservação, e definem-se os destinos apropriados, seja para reutilização, *upcycling* ou reciclagem. O módulo permite a rastreabilidade total das peças, garantindo que cada artigo seja processado de acordo com os padrões estabelecidos pela empresa, respeitando a hierarquia dos resíduos e promovendo a sustentabilidade.

9. Módulo de ponto de horas: Este módulo regista e monitoriza as horas trabalhadas pelos colaboradores da ToBeGreen, permitindo uma gestão eficiente dos recursos humanos. Está integrado com o módulo de Projetos para assegurar que os recursos humanos sejam alocados de forma otimizada em cada projeto, ajudando a controlar custos e a garantir o cumprimento dos prazos.

⁸ A gamificação refere-se à aplicação de elementos típicos de jogos (como pontuação, níveis, recompensas e competição). Em contextos não relacionados a jogos, assume o objetivo de aumentar o envolvimento, a motivação e a participação dos utilizadores em determinadas atividades ou processos.

4 Desenvolvimento da aplicação

Este capítulo descreve em detalhe o processo de desenvolvimento da aplicação *Google Appsheet*, criada para otimizar os fluxos operacionais da ToBeGreen. O objetivo principal da aplicação é centralizar e automatizar os processos, desde a recolha e triagem dos materiais até à sua transformação final, assegurando uma gestão eficiente e sustentável dos recursos.

O desenvolvimento da aplicação foi estruturado em várias fases, começando pelo planeamento, onde foram definidos os objetivos funcionais e a arquitetura da solução, seguidos pelo design e implementação de interfaces intuitivas para os utilizadores. A aplicação foi organizada em nove módulos principais: **Projetos, Compras, Rastreo de Produto, Desenvolvimento Técnico, Controlo de Qualidade, Inventário, Lojas, Vestuário, e Ponto de Horas**. Cada um desses módulos foi concebido para gerir uma área específica do processo operacional, garantindo que todas as etapas, desde a gestão de projetos até ao acompanhamento de horas trabalhadas pelos colaboradores, fossem tratadas de forma integrada e eficiente.

Ao longo deste capítulo, serão explorados os desafios enfrentados durante o desenvolvimento, as soluções implementadas para superar as limitações técnicas, e o processo de integração dos diferentes módulos da aplicação. Além disso, serão abordados os testes realizados para garantir que a aplicação operasse de forma segura, fiável e escalável, culminando na sua implementação gradual nas operações diárias da ToBeGreen. Esta aplicação representa um avanço significativo na gestão dos fluxos operacionais da empresa, contribuindo para a eficiência e sustentabilidade das suas atividades.

4.1 Planeamento da aplicação

O planeamento da aplicação foi a primeira etapa do desenvolvimento, onde foram estabelecidos os objetivos funcionais e a arquitetura da solução.

4.1.1 Definição de objetivos da aplicação

O desenvolvimento da aplicação iniciou-se com a definição dos principais objetivos funcionais, que incluíam a gestão eficiente dos processos têxteis, desde a recolha de vestuário até à sua transformação final, a centralização do controlo de qualidade, e a otimização do inventário e dos recursos humanos. A aplicação foi concebida para apoiar integralmente as operações da ToBeGreen, assegurando que todos os fluxos operacionais fossem geridos de forma integrada.

4.1.2 Arquitetura da aplicação

A aplicação foi estruturada em nove módulos principais, permitindo uma gestão modular e eficiente dos processos operacionais. A arquitetura modular garantiu que cada funcionalidade pudesse ser desenvolvida, testada e implementada de forma independente, facilitando a manutenção e a escalabilidade da aplicação.

4.2 Design e desenvolvimento

O design e o desenvolvimento da aplicação são etapas fundamentais que determinam a qualidade final do software, incluindo a sua usabilidade e funcionalidade. Este subcapítulo explora como a interface do utilizador (UI) foi projetada para ser intuitiva e acessível, facilitando a utilização da aplicação pelos colaboradores da ToBeGreen. Além disso, são abordados os principais desafios enfrentados durante o desenvolvimento e as soluções implementadas para garantir uma experiência de utilizador (UX) positiva.

4.2.1 Interface do utilizador (UI)

A interface da aplicação foi desenhada com foco na simplicidade e usabilidade, garantindo que todos os colaboradores da ToBeGreen pudessem utilizar a aplicação de forma intuitiva, independentemente do dispositivo que utilizem. O layout foi cuidadosamente projetado para facilitar a navegação tanto em dispositivos móveis quanto em computadores, permitindo um acesso rápido e eficiente às funcionalidades mais importantes.

Na versão mobile, como ilustrado na (Figura 29), o Módulo de Inventário permite que os utilizadores

naveguem de forma rápida e fácil entre as diferentes opções, começando pela página inicial e passando por categorias como "Armazéns", "Movimentos", "Artigos", até chegar a categorias específicas como "Tecidos" e "Lista de Tecidos". Este design modular e intuitivo assegura que os colaboradores possam localizar e gerir rapidamente os materiais, mesmo em ambientes de trabalho onde a mobilidade é essencial.

Por outro lado, a versão para computadores, como mostrado na Figura 30, oferece uma interface mais expansiva, permitindo aos utilizadores visualizar detalhadamente as características dos tecidos e outros materiais numa única janela de visualização. Esta funcionalidade facilita o acesso simultâneo a múltiplas informações e a execução de tarefas complexas sem necessidade de alternar entre diferentes ecrãs. A possibilidade de abrir vistas detalhadas diretamente na mesma janela melhora a eficiência dos processos, especialmente em tarefas que requerem análise detalhada ou comparação de dados.

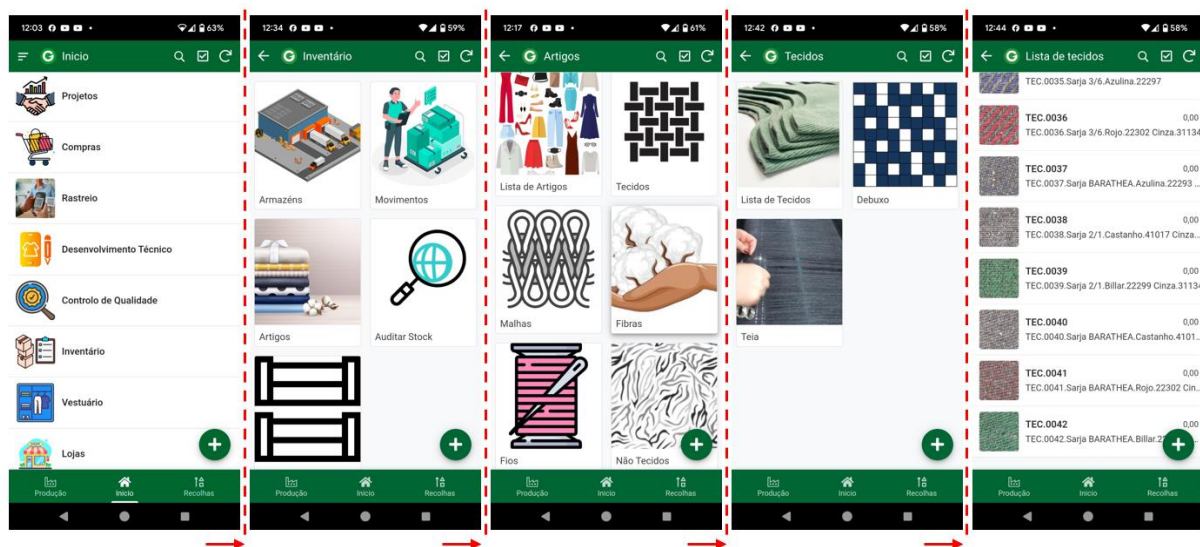


Figura 29: Visualização da navegação no módulo de Inventário na versão mobile⁹

⁹ Destaque das telas de "Início", "Inventário", "Artigos", "Tecidos", e "Lista de Tecidos". A interface foi projetada para permitir uma navegação intuitiva e eficiente entre as diferentes funcionalidades, facilitando a gestão dos materiais na ToBeGreen

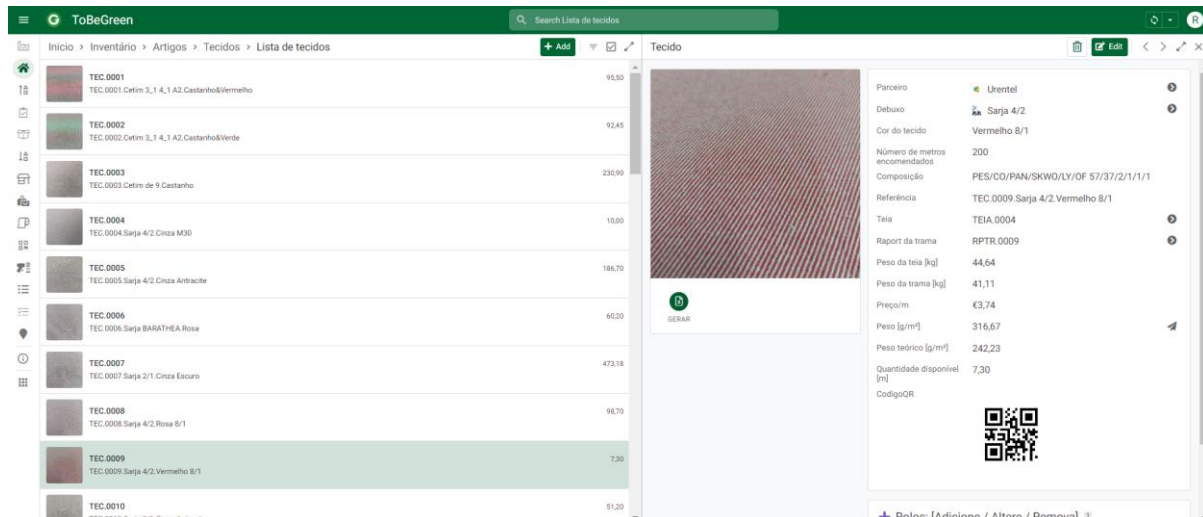


Figura 30: Visualização da versão para computadores da vista “Lista de Tecidos”¹⁰

4.2.2 Experiência do utilizador (UX)

A experiência do utilizador (UX) foi uma prioridade ao longo do desenvolvimento da aplicação. O design foi ajustado com base no feedback dos utilizadores durante as fases de teste, garantindo que as operações pudessem ser realizadas de forma eficiente e sem dificuldades técnicas.

Atualmente, a aplicação utiliza a versão gratuita do *Google Appsheet*, que permite a criação de uma interface responsiva e a geração de relatórios automáticos. No entanto, esta versão não suporta o envio de notificações automáticas, uma funcionalidade que poderia melhorar ainda mais a eficiência operacional. Existe, portanto, o interesse em avançar para um plano pago que permita desbloquear funcionalidades adicionais, como notificações automáticas e uma maior complexidade nas automações e *workflows*.

Apesar destas limitações, a aplicação foi desenvolvida para oferecer uma experiência de utilizador consistente e adaptável, independentemente do dispositivo utilizado, seja um *smartphone*, *tablet* ou computador. A integração com outras ferramentas do *Google Workspace*, como o *Google Sheets*, permite a sincronização de dados em tempo real (Hassan et al., 2023), contribuindo para uma gestão centralizada e eficaz dos processos operacionais da ToBeGreen.

¹⁰ Vista detalhada das características do tecido selecionado na mesma janela de visualização

4.3 Integração e desafios

A integração eficaz dos módulos desenvolvidos na aplicação e a superação dos desafios técnicos são etapas fundamentais para garantir o sucesso da implementação. Neste subcapítulo, será discutido o processo de integração dos módulos que compõem a aplicação *Google AppsSheet*, com destaque para os principais desafios enfrentados, incluindo as limitações da versão gratuita e as soluções encontradas para superar essas dificuldades. A integração dos módulos assegura que os dados e processos fluam harmoniosamente, maximizando a eficiência operacional (Erven, 2024) da ToBeGreen.

4.3.1 Desafios técnicos

Um dos maiores desafios enfrentados foi o desenvolvimento do **Módulo de Rastreo de Produto**, um componente fundamental da aplicação. Este módulo, essencial para a gestão e acompanhamento dos produtos ao longo de toda a cadeia de valor, precisava ser o mais rápido e funcional possível, mesmo com as limitações da versão gratuita do *Google AppsSheet*. A solução implementada foi desenhada para ser simples, mas eficiente, tirando o máximo proveito dos recursos disponíveis.

Neste momento, o Módulo de Rastreo funciona com base numa tabela simples no *Google Sheets*, composta por apenas duas colunas: **IdQRCode** e **QRCode**. A simplicidade desta estrutura permite uma rápida captura de dados. No *AppsSheet*, foram acrescentadas duas colunas virtuais: **[Link]** (tipo App) e **[Pesquisa]** (tipo texto). Estas colunas foram desenvolvidas para tornar o processo de rastreo o mais eficiente possível, utilizando a leitura de *QR Codes* para navegar diretamente pela aplicação e abrir as vistas correspondentes.

Por exemplo, a fórmula aplicada na coluna virtual **[Link]** (Figura 31) permite que, ao ler os três primeiros caracteres do *QR Code*, a aplicação direcione automaticamente o utilizador para o módulo apropriado (como **Caixa**, **Tecido** ou **Molde**), facilitando a navegação e o rastreamento. O processo foi otimizado para identificar rapidamente os dados com base nesses caracteres, garantindo uma experiência de utilizador mais fluida, sem necessidade de operações manuais complexas.

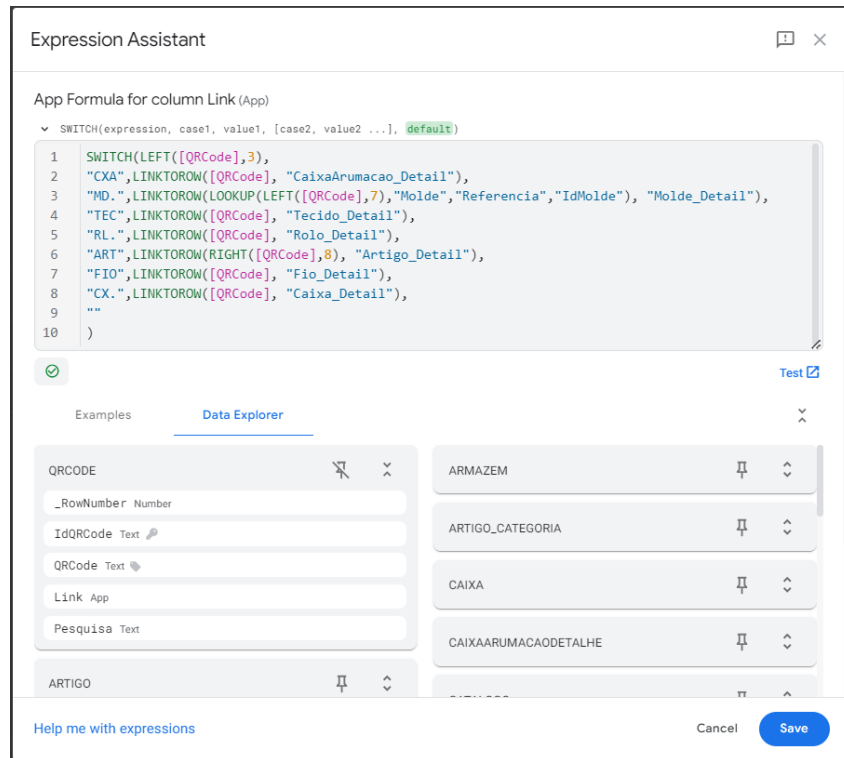


Figura 31: Interface do *Expression Assistant* no *Google Appsheets*

Esta solução simplificada, no entanto, funciona apenas com o básico da versão gratuita. Embora seja funcional, a ausência de automações avançadas como notificações automáticas limita a capacidade de resposta da aplicação e a eficiência na comunicação de eventos importantes. Em soluções mais avançadas, ou em versões pagas do *Google Appsheets*, seria possível expandir significativamente as funcionalidades do módulo de rastreo, permitindo, por exemplo, que os utilizadores recebessem notificações automáticas sempre que um novo *QR Code* fosse registado ou um produto chegasse a um determinado ponto da cadeia de valor (Zainol et al.).

Comparação com soluções avançadas: Em soluções mais robustas, como as disponíveis em planos pagos, é comum utilizar funcionalidades mais dinâmicas, como **integração com APIs** externas, automações mais complexas e fluxos de trabalho baseados em eventos (*workflows*), permitindo um nível superior de eficiência (Sahay, 2023). Na versão paga, a aplicação poderia, por exemplo, enviar automaticamente um alerta ou relatório aos gestores assim que um *QR Code* específico fosse registado ou uma peça chegasse ao seu destino final. Estas funcionalidades eliminariam a necessidade de acompanhamento manual, melhorando significativamente a eficiência e a capacidade de gestão em tempo real.

Objetivo de migração para um plano pago: O objetivo de migrar para um plano pago visa superar essas limitações e expandir a funcionalidade da aplicação, tornando o Módulo de Rastreo ainda mais eficiente e dinâmico. A implementação de automações avançadas, notificações automáticas e *workflows* otimizaria o rastreamento dos produtos, proporcionando maior visibilidade e controle sobre os processos operacionais (Zainol et al.). Além disso, a capacidade de integrar a aplicação com outras ferramentas externas (Malik, 2021) seria um grande passo para tornar o sistema mais escalável e adaptado às futuras necessidades da ToBeGreen.

4.3.2 Integração dos módulos

A integração dos nove módulos principais da aplicação foi concebida para garantir que todos os processos operacionais da ToBeGreen sejam centralizados e automatizados, mesmo utilizando a versão gratuita do *Google Appsheet*. Um exemplo claro da eficácia dessa integração pode ser visto no Módulo de **Rastreo de Produto**, que utiliza a leitura de QR Codes para proporcionar acesso direto a informações detalhadas sobre os produtos, como por exemplo os tecidos (Figura 32).

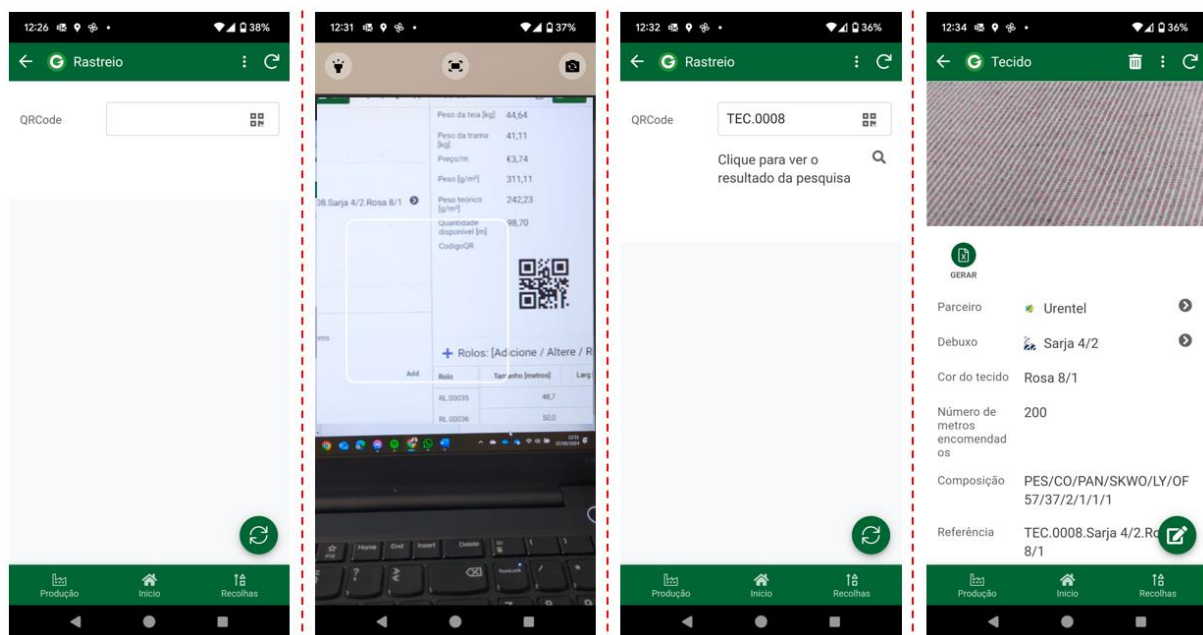


Figura 32: Exemplo de leitura de QRCode de um tecido
(versão mobile)

Ao ler o *QRCode* de um tecido específico, a aplicação permite o acesso direto às suas **especificações técnicas**, incluindo detalhes como o **Debuxo** (padrão têxtil) utilizado. A partir dessa informação, o utilizador pode visualizar não apenas as especificações do tecido individual, mas também

aceder a uma lista de todos os tecidos que compartilham o mesmo Debuxo (Figura 33). Isso cria uma base de dados interligada e acessível com apenas uma simples leitura de *QRCode*, proporcionando uma visão abrangente dos materiais e processos associados.

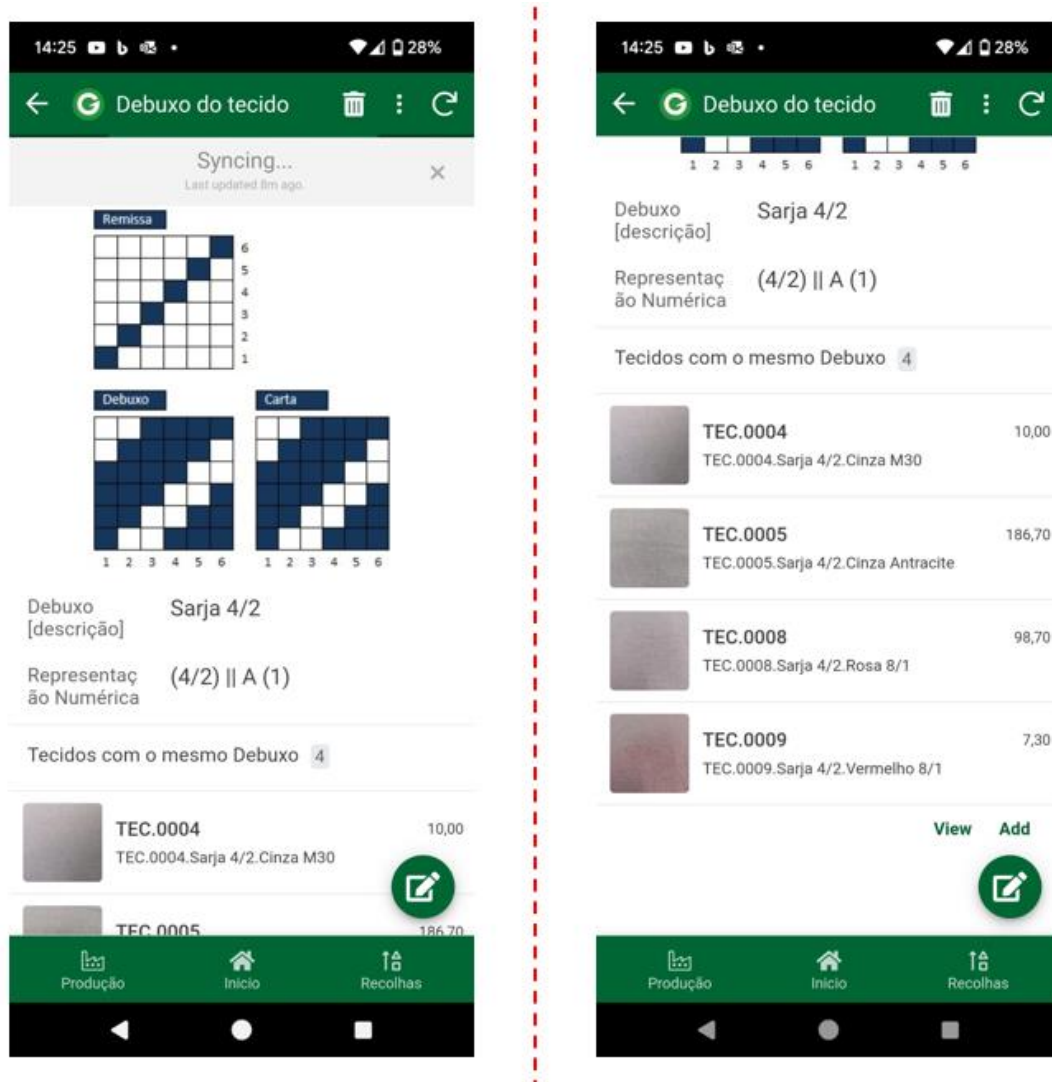


Figura 33: Pannel de visualização do debuxo do tecido
(versão mobile)

Além disso, é possível visualizar que **fios** foram utilizados na **teia** ou na **trama** do tecido (Figura 34). O utilizador pode aceder às especificações técnicas de cada um desses fios, verificando detalhes como composição, massa linear, resistência, entre outros, permitindo uma rastreabilidade total de cada componente envolvido no processo de produção. Esta interligação entre módulos proporciona um nível de detalhe operacional essencial para garantir a qualidade e a rastreabilidade ao longo da cadeia produtiva.

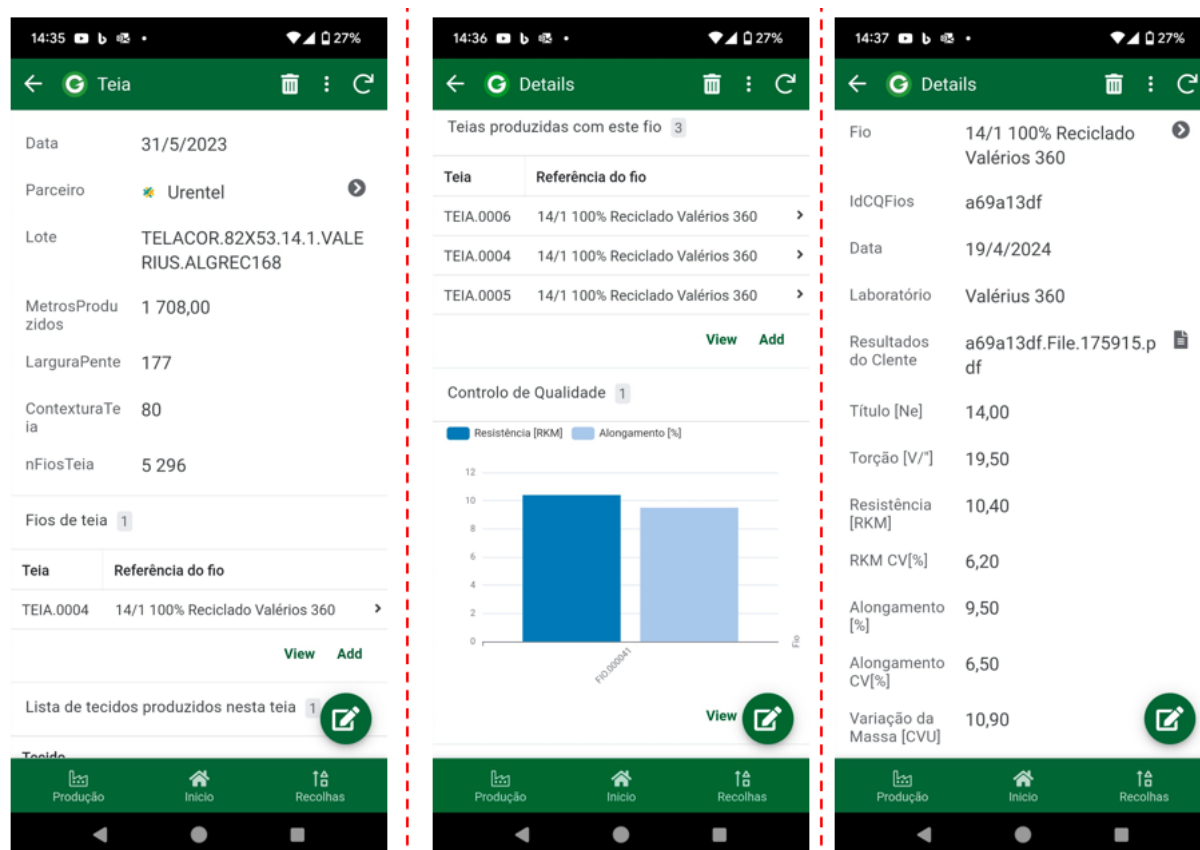


Figura 34: Painel de visualização dos detalhes da teia e do fio
(versão mobile)

Outro exemplo da funcionalidade integrada é a capacidade de aceder às informações dos **Parceiros** (Clientes ou Fornecedores) envolvidos no processo de produção. A aplicação permite ao utilizador, com apenas um toque, fazer diretamente uma chamada telefónica, enviar um email ou até abrir a localização do parceiro no *Google Maps* (Figura 36), facilitando a comunicação e a gestão de relações comerciais (Figura 35).

A aplicação também facilita a gestão de **Rolos de Tecidos**, permitindo que o utilizador visualize, adicione, altere ou remova rolos de tecidos diretamente na aplicação (Figura 37). É possível verificar a quantidade disponível em cada rolo, registar saídas de tecido e, com isso, atualizar o *stock* automaticamente e em tempo real, sem a necessidade de processos manuais. Esta funcionalidade assegura que a informação sobre o stock esteja sempre atualizada e acessível a todos os utilizadores, reduzindo erros e melhorando a eficiência do controlo de inventário.

Através de uma simples leitura de *QR Code*, a aplicação permite rastrear todo o fluxo de operações que envolvem a produção de um tecido, bem como a produção dos artigos que derivaram desse tecido. A interligação dos módulos garante que, a qualquer momento, o utilizador possa obter informações detalhadas sobre a origem dos materiais, os processos envolvidos, e as operações subsequentes que

dependem desses materiais, promovendo a transparência e a eficiência em toda a cadeia de produção.

Este nível de integração modular é possível, apesar das limitações da versão gratuita do *Appsheet*, devido à arquitetura cuidadosamente desenvolvida da aplicação. No entanto, com a migração para um plano pago, seria possível aumentar ainda mais a eficiência e a automação, por exemplo, com o envio de **notificações automáticas** quando um determinado rolo de tecido atinge um limite de stock ou quando novos dados são adicionados ao sistema. Essas funcionalidades avançadas seriam integradas de forma transparente, melhorando ainda mais o controlo e a rastreabilidade da produção.

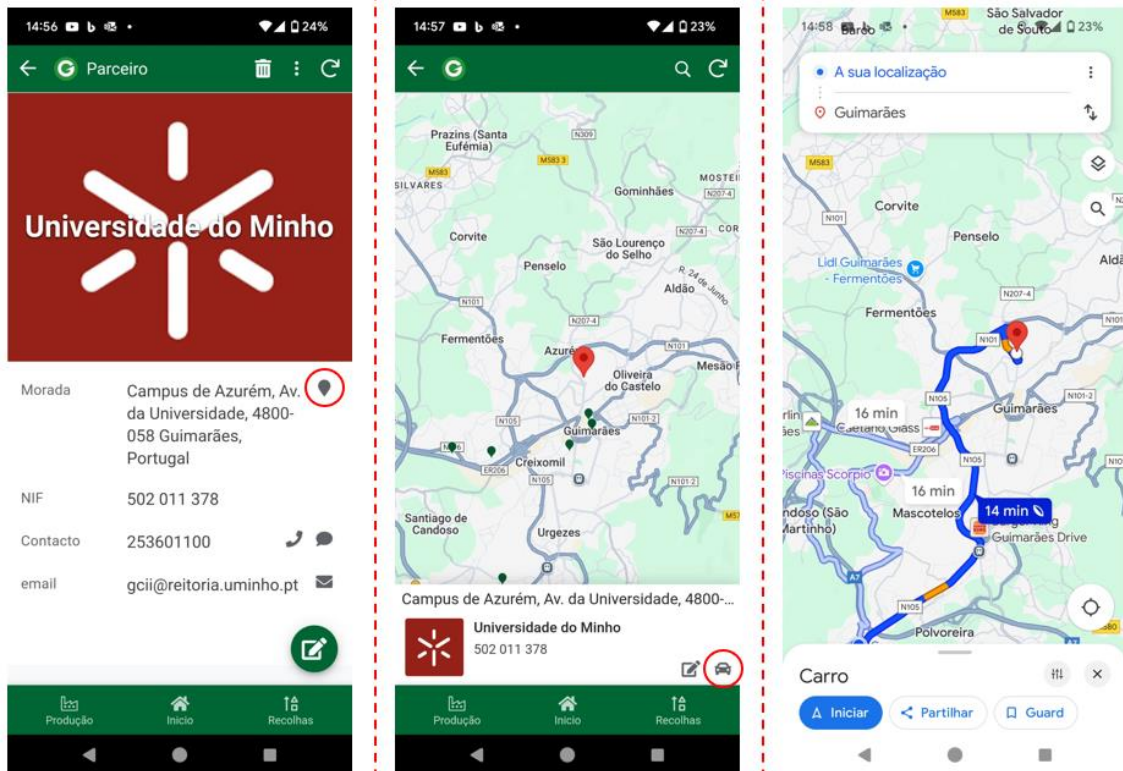


Figura 35: Painel de visualização de um parceiro da ToBeGreen (versão mobile)

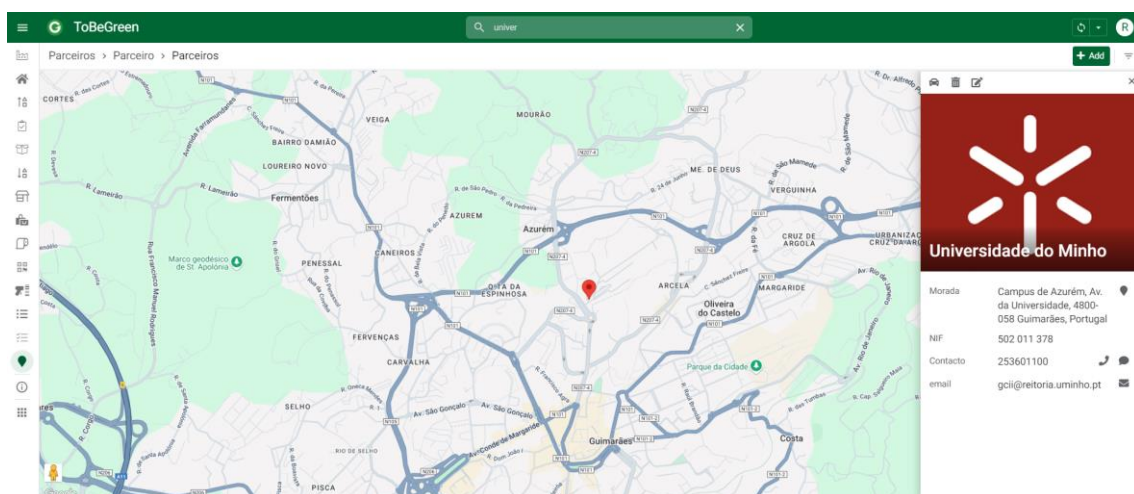


Figura 36: Painel de visualização de um parceiro da ToBeGreen (versão para computador)

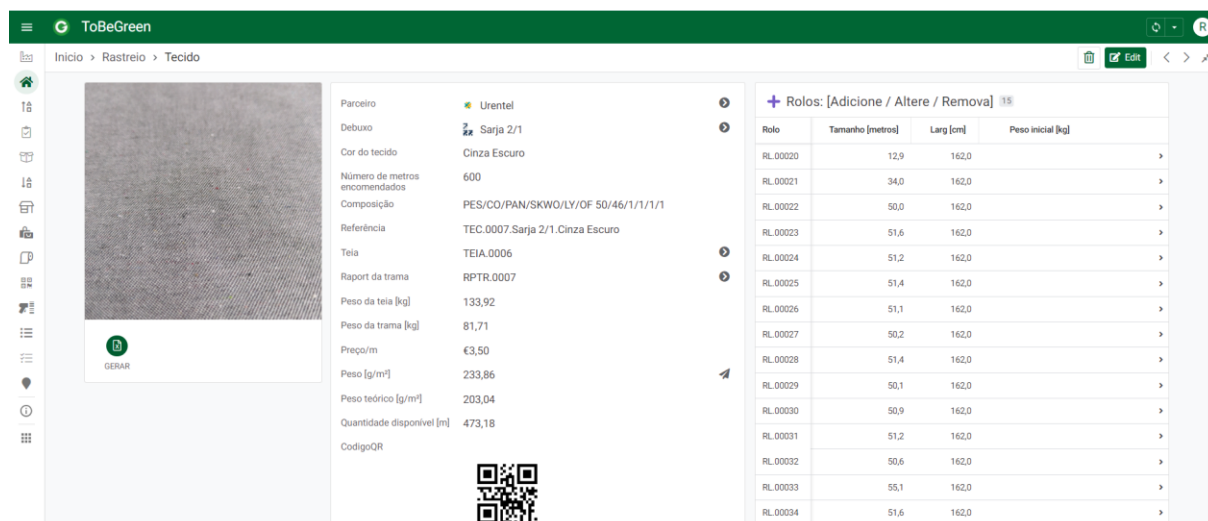


Figura 37: Painel de visualização de um tecido

(versão para computador)

4.4 Testes e validação

Para garantir que a aplicação desenvolvida atendesse plenamente às necessidades operacionais da ToBeGreen, foi realizado um conjunto de testes de validação abrangentes. Estes testes incluíram testes unitários, de integração, de performance e de segurança, assegurando que todas as funcionalidades e módulos da aplicação operassem de maneira eficiente, confiável e segura. O foco esteve na correta comunicação entre os módulos, na integridade dos dados e na capacidade da aplicação de suportar os processos operacionais da empresa.

4.4.1 Testes unitários e de integração

Os testes unitários foram realizados em cada módulo individual da aplicação, garantindo que as funcionalidades essenciais, como o rastreio de produtos, a gestão de stock e a navegação entre as vistas funcionassem corretamente e sem erros. Cada módulo foi verificado para assegurar que as suas funções isoladas, como a leitura de *QR Codes* e o acesso às especificações técnicas, operassem de forma eficiente.

Posteriormente, os testes de integração foram conduzidos para verificar a comunicação entre os módulos. Por exemplo, ao rastrear um tecido a partir de um *QR Code*, foi garantido que o utilizador pudesse aceder de forma fluida às especificações técnicas, verificar o stock disponível e atualizar automaticamente os registos de saída de tecido. Esses testes confirmaram que as informações fluíam corretamente entre os módulos e que os dados eram sincronizados em tempo real, sem falhas ou inconsistências.

Os resultados dos testes unitários e de integração demonstraram que os módulos estão totalmente

integrados e em conformidade com os requisitos operacionais da ToBeGreen, oferecendo uma base sólida para futuras expansões e melhorias.

4.4.2 Testes de performance e segurança

Testes de performance

Os testes de performance foram conduzidos utilizando o **Enterprise Dashboard: Performance Analyzer** fornecido pela plataforma *AppSheet*, que permite medir e avaliar o desempenho da aplicação sob diferentes condições. O foco dos testes foi medir a eficiência da aplicação em operações críticas, como a leitura de *QR Codes*, a atualização de *stock* e a sincronização entre módulos. Através do **Performance Analyzer**, foi possível identificar as operações que consomem mais tempo, sendo a sincronização de dados a operação mais demorada.

A análise de desempenho mostrou que, embora o tempo de resposta geral da aplicação seja aceitável, algumas operações, especialmente a sincronização de grandes volumes de dados e o processamento de colunas virtuais complexas, poderiam ser otimizadas. Abaixo, as figuras mostram exemplos do desempenho médio por tipo de operação (Figura 38) e o tempo de processamento de colunas virtuais (Figura 39).

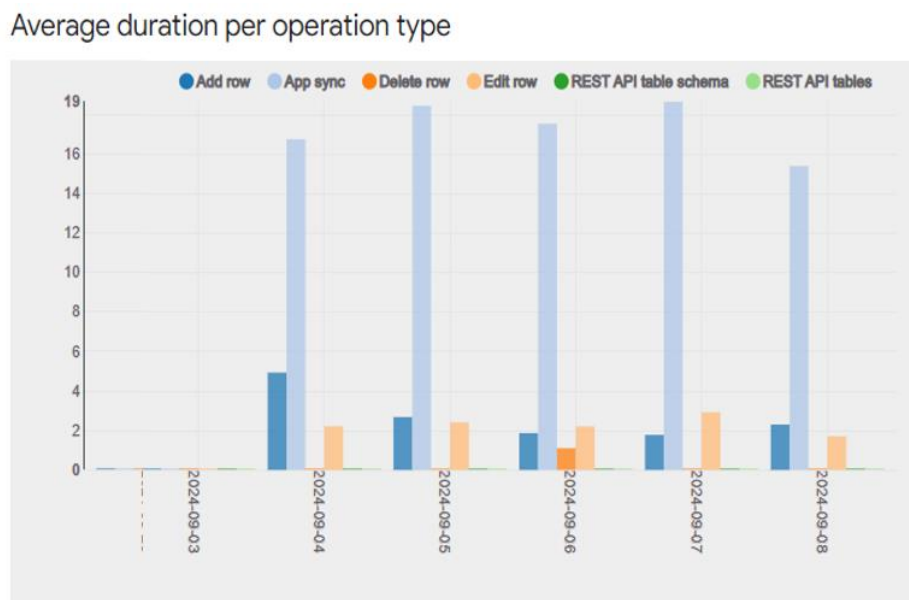
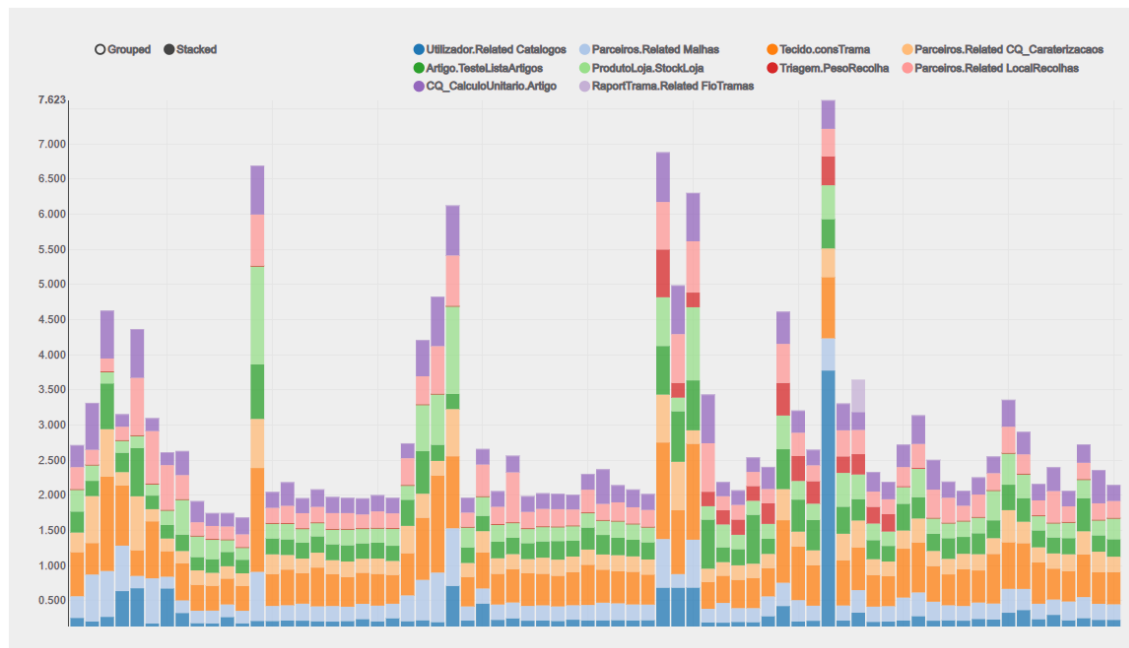


Figura 38: Gráfico de desempenho médio por tipo de operação¹¹

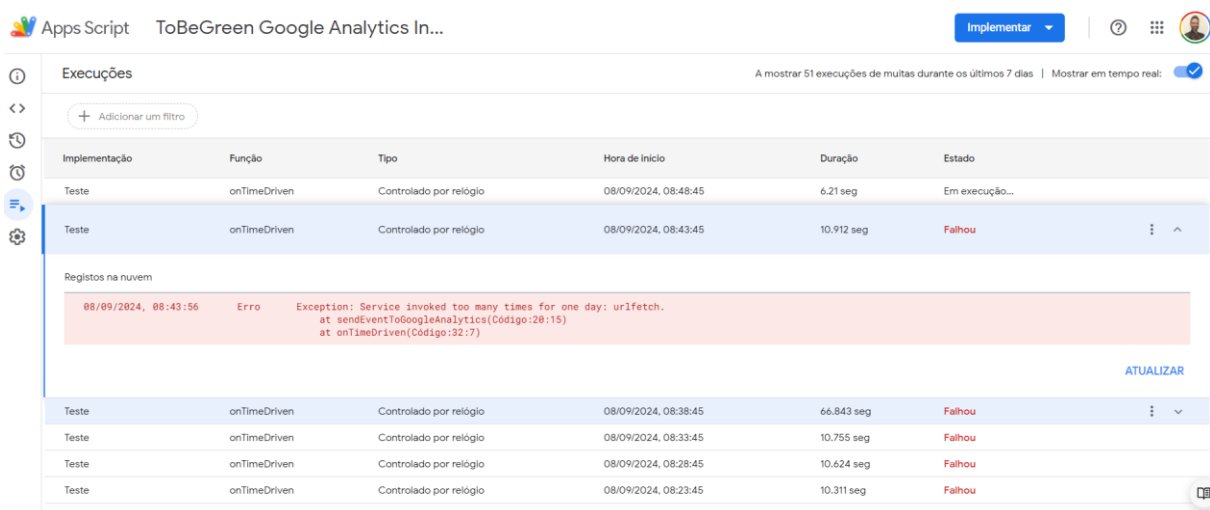
¹¹ Explica o tempo médio gasto em operações como adição de linhas, sincronizações e atualizações de registos.

Average virtual column computation time by app version

The top 10 time-intensive virtual columns are displayed

Figura 39: Gráfico de processamento de colunas virtuais¹²

Foram também realizados testes de performance a partir de um script desenvolvido em **Google Apps Script** para medir o tempo de execução de operações como a leitura de QR Codes e a atualização de registos em tempo real. No entanto, verificaram-se algumas limitações na execução de múltiplos eventos consecutivos no **Google Analytics**, que resultaram em erros de limite de requisições (Figura 40).

Figura 40: Registo de erros de limite de requisições no Google Apps Script¹³

¹² Mostra as colunas virtuais que consomem mais tempo e destaca a possibilidade de otimização para melhorar o desempenho.

¹³ Exibe as falhas de execução do script devido ao número excessivo de requisições ao serviço do **Google Analytics**.

Integração com *Google Analytics*, *Looker Studio* e *Zapier*

Os testes de performance incluíram a tentativa de monitorizar a utilização da aplicação através do ***Google Analytics***, integrando eventos como a leitura de *QR Codes* e a alteração de dados. Embora a integração tenha mostrado potencial, verificaram-se limitações no plano gratuito do *AppSheet* e no número de requisições permitidas por dia. Futuramente, a migração para um plano pago e o uso de ferramentas como o ***Looker Studio*** e ***Zapier*** para gerar relatórios mais avançados e automatizar fluxos de trabalho poderá ser explorada.

Estas ferramentas permitem uma análise mais profunda do desempenho e da interação dos utilizadores com a aplicação, proporcionando informações valiosas sobre como a aplicação pode ser otimizada à medida que a ToBeGreen expande as suas operações.

Testes de segurança

No que diz respeito à segurança, a aplicação, na versão gratuita, permite a partilha e o acesso até um máximo de 10 utilizadores, incluindo o criador. Neste momento, a aplicação está a ser utilizada por 5 colaboradores da ToBeGreen. Embora não tenha um sistema de *login* tradicional, o acesso é controlado pela partilha da aplicação, permitindo que apenas os utilizadores autorizados possam utilizá-la. Isso foi validado durante os testes, garantindo que a partilha está a funcionar corretamente e que os acessos não são concedidos a pessoas não autorizadas.

Foram realizados testes de permissões que validaram a existência de diferentes níveis de acesso para os utilizadores, conforme as necessidades operacionais. Por exemplo, o Módulo de Projetos e o Módulo de Compras foram restritos apenas ao administrador da aplicação, impedindo o acesso dos demais utilizadores. Isso foi testado com sucesso, confirmando que apenas o administrador consegue visualizar e interagir com esses módulos.

Além disso, foi verificada a funcionalidade de controlo de permissões no Módulo de Ponto de Horas, onde o administrador tem acesso completo a todos os registos de horas dos colaboradores, enquanto os restantes utilizadores conseguem apenas visualizar, adicionar e alterar os seus próprios registos. Os testes demonstraram que esta configuração funcionou corretamente, assegurando que cada colaborador tem acesso apenas às suas próprias informações, sem poder visualizar ou modificar os registos de horas de outros utilizadores.

Também foi testada a capacidade dos utilizadores de visualizar, adicionar e alterar registos dentro de alguns módulos específicos, mas sem a permissão de os apagar. Esses testes confirmaram que as restrições de exclusão estão a funcionar corretamente, prevenindo alterações indesejadas ou perdas de

dados. O administrador, no entanto, mantém o controle total sobre essas funcionalidades.

Os testes provam que a aplicação permite adicionar diferentes níveis de segurança de acordo com o tipo de utilizador. Atualmente, alguns cargos e níveis de utilizadores ainda estão a ser definidos, dada a margem de crescimento da empresa. Com o aumento do número de utilizadores e a expansão da operação, será necessário continuar a ajustar as permissões de acordo com os diferentes papéis dos colaboradores e as necessidades de segurança da ToBeGreen.

Esta abordagem garante que, à medida que a empresa cresce, a aplicação poderá adaptar-se para acomodar novas funções e níveis de acesso, mantendo a integridade dos dados e a segurança do sistema.

4.5 Fases de implementação da aplicação

A implementação da aplicação AppSheet foi realizada de forma gradual na ToBeGreen, visando minimizar o impacto operacional e garantir uma transição suave para os novos sistemas. A abordagem gradual permitiu a identificação e correção de falhas em tempo real, além de promover uma adaptação progressiva por parte dos utilizadores. Dessa forma, as operações continuaram a fluir sem grandes interrupções e os módulos foram ajustados conforme necessário.

Fases de implementação

A implementação foi dividida em três fases principais (Tabela 1):

Fase 1: Implementação dos módulos centrais

Nesta primeira fase, foram implementados os módulos essenciais para as operações diárias da ToBeGreen, como o **Módulo de Rastreio de Produto**, **Inventário**, e **Ponto de Horas**. Estes módulos centralizam o processo de recolha, triagem, e classificação de vestuário, e garantem que todos os colaboradores possam monitorizar o seu tempo de trabalho.

- **Módulo de Rastreio de Produto:** abordagem simplificada para a leitura de QR Codes, que facilitou o acompanhamento de todas as peças em circulação.
- **Módulo de Inventário:** integrado com o de Rastreio para garantir que os dados de stock fossem atualizados em tempo real.
- **Módulo de Ponto de Horas:** os colaboradores puderam monitorizar o seu tempo de trabalho, com diferentes níveis de acesso conforme o perfil de utilizador.

Fase 2: Expansão para os módulos complementares

Na segunda fase, os módulos complementares foram adicionados, cobrindo outras áreas essenciais do fluxo de trabalho da ToBeGreen. Estes incluíram:

- **Módulo de Desenvolvimento Técnico:** que gere as especificações técnicas de cada peça de vestuário.
- **Módulo de Controlo de Qualidade:** que assegura que os produtos estejam em conformidade com as normas e especificações.
- **Módulo de Lojas:** que foi testado durante a **GREENWEEK 2024**, onde a ToBeGreen realizou vendas diretas ao público.

Fase 3: Integração final e ajustes

A terceira fase focou-se na integração de todos os módulos e ajustes finais. Nesta fase:

- A comunicação entre os módulos foi afinada para garantir um fluxo de dados contínuo.
- Com base no feedback dos utilizadores, foram feitas otimizações, como a simplificação de colunas virtuais e o ajuste das permissões de utilizador para garantir que as informações fossem acedidas de forma segura e eficiente.

Tabela 1: Resultados da implementação gradual¹⁴

Fase	Utilizadores Treinados	Funcionalidades Ativas	Melhorias Implementadas
Fase 1	3	Rastreio de Produto, Inventário, Ponto de Horas	Sincronização de dados e navegação entre vistas
Fase 2	5	Desenvolvimento Técnico, Lojas, Controlo de Qualidade	Otimização de colunas virtuais e permissões
Fase 3	5	Integração Completa	Ajustes de performance e feedback dos utilizadores

Desafios e soluções encontradas

Durante a implementação, surgiram desafios como:

- **Sincronização de dados:** Algumas operações demoraram mais que o esperado devido ao processamento das colunas virtuais. A solução passou pela simplificação dos cálculos nas colunas e pela otimização do tempo de sincronização.

¹⁴ Resultados obtidos em cada fase da implementação, mostrando o número de utilizadores, funcionalidades ativas, e melhorias de performance.

- **Adaptação dos utilizadores:** Foi necessário realizar várias sessões de formação para que os colaboradores se familiarizassem com a aplicação. Essas sessões focaram-se principalmente no uso de QR Codes e na navegação entre os módulos.

Plano futuro de expansão

Com a aplicação a operar de forma estável, o próximo passo da ToBeGreen poderá passar pela migração para um plano pago do *AppSheet* que permitirá:

- **Envio automático de notificações e relatórios,** melhorando o fluxo de comunicação interna.
- **Aumento da capacidade de utilizadores,** à medida que a empresa cresce. Além disso, outras integrações futuras incluem a comunicação com sistemas fiscais e a possibilidade de ligar a aplicação a ferramentas de automação, como o *Zapier* ou o *Looker Studio*, para gerar relatórios mais detalhados.

5 Prova de conceito

A prova de conceito é uma etapa crucial em qualquer processo de desenvolvimento tecnológico, pois permite validar a aplicabilidade de uma solução num contexto real. No caso da ToBeGreen, a aplicação desenvolvida no *Google AppSheet* teve de ser testada em condições reais de operação para garantir que os seus módulos, funcionalidades e integrações atendem plenamente às necessidades operacionais da empresa. Este capítulo é dedicado à apresentação da prova de conceito da aplicação, explorando as etapas realizadas para demonstrar a sua viabilidade e eficácia no ambiente de trabalho.

Inicialmente, uma análise SWOT foi conduzida para identificar as forças, fraquezas, oportunidades e ameaças associadas à aplicação. Esta análise permitiu traçar um mapa detalhado das áreas onde a aplicação se destacou, como a facilidade de uso e a rastreabilidade eficiente, e também evidenciar as limitações encontradas, como os tempos de sincronização que, embora melhorados, podem ser mais otimizados. A análise também identificou oportunidades futuras, como a migração para um plano pago que permita desbloquear funcionalidades avançadas.

Além da análise SWOT, este capítulo também aborda os estudos de usabilidade e viabilidade. A usabilidade refere-se à adaptação dos colaboradores à nova aplicação e às melhorias introduzidas com base no *feedback* fornecido durante os testes. A viabilidade técnica e económica avalia a capacidade da aplicação em suportar os processos da ToBeGreen a longo prazo, considerando a necessidade de investimentos futuros e a escalabilidade da solução. Este capítulo, portanto, serve para consolidar as bases da aplicação como uma ferramenta fundamental para a modernização e otimização dos processos da empresa.

5.1 Análise SWOT

5.1.1 Enquadramento teórico

A análise SWOT (do inglês Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats) é uma ferramenta amplamente utilizada para avaliar o ambiente interno e externo de uma organização, projeto ou aplicação. O objetivo desta análise é identificar os pontos fortes (Strengths) e fracos (Weaknesses) dentro da organização, enquanto se avaliam as oportunidades (Opportunities) e ameaças (Threats) provenientes do ambiente externo (Benzaghta et al., 2021).

- **Pontos fortes (Strengths):** Referem-se às características internas que fornecem uma vantagem competitiva. Podem incluir recursos valiosos, competências, ou qualquer fator que fortaleça a posição da organização (Sinha et al., 2020) ou, neste caso, da aplicação.
- **Pontos fracos (Weaknesses):** São os aspetos internos que colocam a organização ou o projeto em desvantagem, ou que podem prejudicar o seu desempenho (Benzaghta et al., 2021). No contexto da aplicação, fraquezas podem incluir limitações técnicas ou barreiras operacionais.
- **Oportunidades (Opportunities):** São fatores externos que a organização pode aproveitar para crescer ou melhorar o desempenho (Benzaghta et al., 2021; Puyt et al., 2023). No caso de uma aplicação, isto pode envolver novos desenvolvimentos tecnológicos ou mudanças nas necessidades dos utilizadores.
- **Ameaças (Threats):** São fatores externos que podem causar problemas à organização, como mudanças no mercado, surgimento de novos concorrentes ou inovações tecnológicas que podem tornar a solução atual obsoleta (Benzaghta et al., 2021; González-Cancelas et al., 2020).

A análise SWOT oferece uma estrutura clara e intuitiva para identificar as áreas de melhoria e as estratégias a adotar, sendo particularmente útil em processos de decisão e de implementação de novas soluções tecnológicas (González-Cancelas et al., 2020), como no caso da aplicação desenvolvida para a ToBeGreen.

5.1.2 Aplicação da análise SWOT na ToBeGreen

No contexto da aplicação desenvolvida para a ToBeGreen, a análise SWOT foi aplicada com o objetivo de compreender a viabilidade e eficácia da solução implementada, bem como para identificar possíveis caminhos de melhoria e expansão.

Forças

- **Facilidade de uso:** A aplicação, desenvolvida em *AppSheet*, destacou-se pela sua facilidade de uso. A plataforma *low-code* permitiu o desenvolvimento de uma solução intuitiva e acessível, que foi facilmente adotada pelos colaboradores da ToBeGreen. A interface simples e a utilização de *QR Codes* facilitaram a interação e minimizaram a necessidade de formação técnica complexa.
- **Integração modular:** Um dos maiores pontos fortes da aplicação foi a sua capacidade de integração modular. Cada módulo (como Rastreo de Produto, Inventário, Ponto de Horas) foi implementado de forma independente, garantindo flexibilidade e escalabilidade. Isto permitiu que a ToBeGreen centralizasse e automatizasse os seus processos críticos, melhorando a eficiência operacional sem a necessidade de investimentos significativos em desenvolvimento técnico.
- **Rastreabilidade eficiente:** A utilização de *QR Codes* para rastrear produtos provou ser uma abordagem extremamente eficiente. Este sistema permitiu uma gestão precisa de inventário e um acompanhamento detalhado do ciclo de vida das peças de vestuário, desde a recolha até à valorização, contribuindo para a otimização dos processos de triagem e classificação.

Fraquezas

- **Necessidade de otimização de colunas virtuais:** Embora as colunas virtuais tenham desempenhado um papel importante no cálculo dinâmico de dados, verificou-se que estas podem impactar negativamente o tempo de sincronização da aplicação, especialmente em operações complexas com grandes volumes de dados. A substituição dessas colunas por colunas fixas ou otimizadas mostrou-se necessária para melhorar a fluidez e o desempenho da aplicação.
- **Limitações da versão gratuita:** A versão gratuita do *AppSheet* impôs restrições consideráveis, como o limite de utilizadores e a ausência de algumas funcionalidades avançadas, como notificações automáticas e integração com outras plataformas. Embora a versão gratuita tenha permitido implementar a solução de forma eficaz até certo ponto, a migração para um plano pago será crucial para desbloquear funcionalidades que aumentem a eficiência da aplicação.

Oportunidades

- **Migração para um plano pago:** A migração para um plano pago do *AppSheet* oferece oportunidades significativas para a ToBeGreen. Com um plano pago, a empresa poderá aumentar o número de utilizadores, reduzir o tempo de sincronização e desbloquear funcionalidades que melhoram a eficiência, como as automações avançadas e notificações automáticas. Esta transição não só resolverá algumas das fraquezas identificadas, mas também permitirá que a aplicação suporte o crescimento da empresa.
- **Integração com ferramentas externas:** A possibilidade de integrar a aplicação com plataformas como o **Looker Studio** e o **Zapier** oferece uma oportunidade de expandir as funcionalidades da aplicação. O Looker Studio pode ser utilizado para gerar relatórios e *dashboards* detalhados em tempo real (Nguyen, 2023), enquanto o *Zapier* pode ajudar a automatizar tarefas repetitivas, como a notificação de fornecedores quando o stock atinge um determinado limite (Tank, 2023). Estas ferramentas externas poderão ampliar as capacidades da aplicação e otimizar ainda mais os processos da ToBeGreen.

Ameaças

- **Crescente complexidade operacional:** À medida que a ToBeGreen expande as suas operações e aumenta o número de utilizadores e o volume de dados a processar, a aplicação pode tornar-se mais complexa. Essa complexidade pode aumentar os tempos de sincronização e dificultar a gestão dos dados, a menos que sejam implementadas estratégias contínuas de otimização e escalabilidade.
- **Limitações tecnológicas da plataforma *low-code*:** Apesar das muitas vantagens da plataforma *low-code* (como a facilidade de desenvolvimento e a rapidez de implementação), há limitações inerentes à tecnologia, particularmente em termos de escalabilidade e personalização. A aplicação pode eventualmente encontrar desafios à medida que novos requisitos surgem, exigindo a implementação de soluções personalizadas que a plataforma pode não suportar facilmente. Esse cenário coloca a necessidade de monitorização contínua da evolução da aplicação e da sua adequação às novas exigências operacionais.



Figura 41: Análise SWOT da aplicação na ToBeGreen
(desenvolvido pelo autor na ferramenta Miro¹⁵)

5.1.3 Conclusões da análise SWOT

A análise SWOT revelou que a aplicação desenvolvida para a ToBeGreen é uma solução forte e eficaz no contexto atual, mas que enfrenta desafios à medida que a empresa cresce e as suas necessidades evoluem. O principal ponto de melhoria identificado foi a necessidade de migrar para um plano pago do *AppSheet*, que permitirá otimizar a performance e suportar mais utilizadores. As oportunidades para integrar ferramentas externas, mostram que a aplicação tem grande potencial para expandir as suas funcionalidades e continuar a melhorar os processos da empresa. No entanto, a ToBeGreen deverá estar atenta às ameaças potenciais de complexidade crescente e limitações tecnológicas à medida que a empresa cresce.

¹⁵ Miro é uma plataforma de colaboração visual que permite a criação de quadros interativos para *brainstorming*, planeamento e trabalho em equipa
<https://miro.com/>

5.2 Estudo e usabilidade

O estudo de usabilidade é uma etapa crucial na validação de qualquer aplicação, especialmente quando o seu sucesso depende da aceitação e utilização eficaz por parte dos utilizadores finais. No caso da ToBeGreen, a aplicação desenvolvida em *Google AppSheet* foi implementada gradualmente, com o envolvimento direto dos colaboradores durante as fases de teste e uso real. O objetivo deste estudo foi analisar como os utilizadores se adaptaram à nova ferramenta, como interagiram com os módulos da aplicação e quais melhorias foram realizadas com base no feedback fornecido durante e após a implementação.

5.2.1 Facilidade de adaptação

A aplicação revelou-se fácil de utilizar, o que foi um dos fatores determinantes para a sua rápida adoção pelos colaboradores da ToBeGreen. A plataforma *AppSheet*, escolhida para o desenvolvimento da aplicação, proporcionou uma *interface* intuitiva e acessível, permitindo que os utilizadores, mesmo sem formação técnica, pudessem interagir eficazmente com os diferentes módulos. Um exemplo que ilustra esta facilidade de adaptação é a gestão de inventário de rolos de tecido através da leitura de *QR Codes* descrita na Figura 42.

A leitura do *QR Code* de um rolo de tecido direciona o colaborador para uma vista detalhada desse rolo na aplicação. Nesta vista, podem ser exibidas todas as informações técnicas do tecido, como a massa por unidade de superfície (g/m^2), que é obtida através do Módulo de Controlo de Qualidade. O cálculo do consumo de tecido em metros lineares é realizado com base no peso do material retirado e na massa específica de cada tecido.

No contexto da Engenharia Têxtil, a massa por unidade de superfície (expressa em g/m^2) é uma das características mais importantes para determinar a quantidade de tecido utilizado. Quando um colaborador retira uma parte do rolo de tecido, pode medir o peso da quantidade retirada ou, diretamente o número de metros lineares retirados, com base na massa específica do tecido (obtida no módulo de controlo de qualidade), a aplicação calcula automaticamente o consumo em metros lineares.

Este processo, que antes era realizado manualmente, é agora simplificado e automatizado pela aplicação. Isso não só garante uma maior precisão na gestão de inventário, mas também permite que os colaboradores se foquem nas tarefas operacionais, sem a necessidade de cálculos manuais complexos.

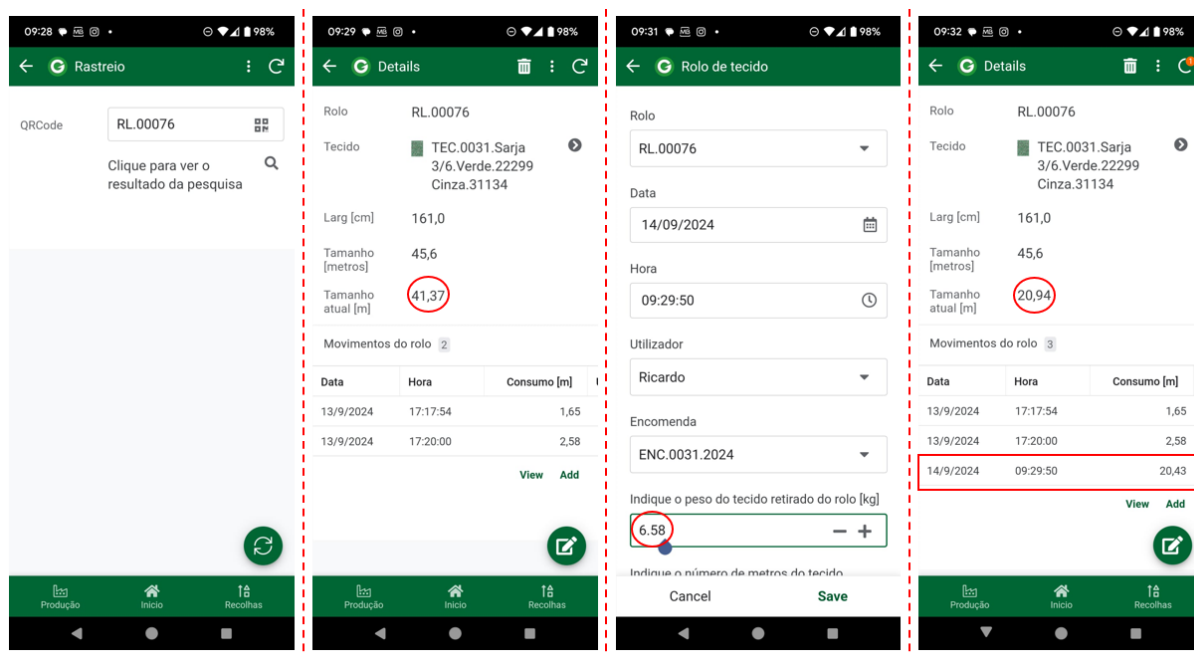


Figura 42: Captura de ecrã do processo de leitura de *QR Code* de um rolo de tecido¹⁶

5.2.2 Opinião dos utilizadores

Os utilizadores forneceram opiniões valiosas durante as fases iniciais de implementação. A funcionalidade de leitura de QR Codes foi destacada como uma das mais úteis e práticas, facilitando o rastreamento de peças e a atualização do inventário de forma rápida e sem erros. Além disso, a possibilidade de registar o material retirado diretamente na aplicação, sem a necessidade de cálculos manuais, melhorou significativamente a eficiência do trabalho diário. O cálculo do consumo em metros lineares, baseado na massa por unidade de superfície (g/m^2), simplificou ainda mais o processo, garantindo uma atualização precisa do stock.

No entanto, algumas sugestões foram dadas em relação ao tempo de sincronização de dados em operações de maior volume. As colunas virtuais, embora úteis, apresentaram desafios em termos de desempenho, especialmente quando utilizadas para cálculos complexos. Em resposta, foram feitas otimizações, substituindo algumas colunas virtuais por colunas fixas, o que reduziu os tempos de sincronização.

¹⁶ Após a leitura, o colaborador acede à vista detalhada do rolo, onde pode registar a quantidade de tecido retirada com base no peso ou na medida, os cálculos do consumo efetuam-se utilizando os dados de massa por unidade de superfície

5.2.3 Ajustes realizados com base nas sugestões dos utilizadores

Com base nas sugestões dos utilizadores, foram realizados diversos ajustes na aplicação para melhorar o desempenho e a experiência de utilização. Um dos principais ajustes foi a otimização das colunas virtuais, que anteriormente causavam atrasos na sincronização de dados. Ao substituir algumas colunas virtuais por colunas fixas e ajustar as fórmulas utilizadas, foi possível reduzir os tempos de sincronização em mais de 20%, proporcionando uma experiência de utilização mais fluida e eficiente.

Outro ajuste importante foi relacionado à gestão de permissões de utilizador. Inicialmente, os colaboradores reportaram algumas dificuldades ao navegar entre os módulos da aplicação devido a restrições excessivas de acesso. Em resposta, as permissões foram ajustadas para que cada colaborador tivesse acesso apenas aos módulos e funcionalidades necessárias ao seu trabalho diário, melhorando a eficiência operacional e simplificando a navegação.

5.2.4 Adoção e melhoria contínua

Após os ajustes realizados, a aplicação foi adotada com sucesso pelos cinco colaboradores da ToBeGreen. O envolvimento ativo dos utilizadores durante o processo de implementação, através de formações e sessões de acompanhamento, garantiu que a transição para a nova plataforma fosse realizada de forma suave. A utilização de QR Codes, a simplificação das permissões e a otimização das colunas virtuais ajudaram a criar uma experiência de utilização eficiente e satisfatória para todos os envolvidos.

O processo de melhoria contínua foi um aspeto chave para garantir a longevidade e eficácia da aplicação. A ToBeGreen continua a monitorizar as opiniões dos utilizadores e a realizar ajustes conforme necessário, assegurando que a aplicação possa crescer em conjunto com a empresa e as suas operações.

5.3 Estudo de viabilidade

O estudo de viabilidade tem como objetivo analisar se a aplicação desenvolvida pode ser mantida e expandida de forma sustentável à medida que a ToBeGreen continua a crescer. Para isso, foram avaliadas as dimensões técnica, económica e de escalabilidade da aplicação, com foco na sua adaptação às futuras necessidades da empresa.

5.3.1 Viabilidade técnica

A viabilidade técnica da aplicação revelou-se robusta para a gestão das operações diárias da ToBeGreen. A plataforma *AppSheet*, utilizada para o desenvolvimento, oferece uma estrutura modular que permite a adição de novos módulos sem a necessidade de grandes modificações na arquitetura base.

Integração com o *Google Sheets*

A aplicação está integrada com o *Google Sheets*, que funciona como a base de dados principal. A integração entre o *AppSheet* e o *Google Sheets* mostrou-se eficiente para o volume de dados atual, permitindo que a aplicação centralize as operações e mantenha a consistência dos dados em tempo real. A sincronização entre as duas plataformas, embora tenha enfrentado alguns desafios iniciais relacionados com a utilização de colunas virtuais, foi otimizada ao longo da implementação, melhorando os tempos de resposta e a fluidez da aplicação.

Migração para o *AppSheet Core* e benefícios do *Google Workspace*

Uma das principais vantagens identificadas na análise de viabilidade técnica foi a possibilidade de migrar para o *AppSheet Core*, que está incluído no *Google Workspace*. Este plano pago oferece benefícios adicionais, como:

- **Integração profunda com o *Google Workspace*:** A utilização do *AppSheet Core* em conjunto com as ferramentas do *Google Workspace*, como *Google Drive*, *Google Docs*, *Google Sheets*, e *Google Forms*, proporciona uma integração mais fluida e eficiente entre os diferentes módulos da aplicação. Isso permite que os dados sejam facilmente sincronizados e utilizados em tempo real entre as ferramentas, sem a necessidade de integração de terceiros.
- **Automação de processos:** O *AppSheet Core* permite criar automações avançadas dentro do *Google Workspace*, como o envio de notificações automáticas por *Gmail*, a geração de relatórios através do *Google Docs* ou a criação de gráficos dinâmicos em *Google Sheets*. Esses recursos melhoram a produtividade e reduzem a necessidade de tarefas manuais, otimizando o fluxo de trabalho da ToBeGreen.
- **Segurança e gestão centralizada:** O *Google Workspace* oferece uma gestão centralizada de utilizadores, o que facilita o controlo de acessos e a segurança dos dados. Com a migração para o plano pago, a ToBeGreen poderá gerir permissões de utilizadores de forma mais detalhada, garantindo a proteção dos dados sensíveis.

5.3.2 Viabilidade económica

Do ponto de vista económico, a implementação da aplicação já demonstrou resultados positivos em termos de eficiência e gestão operacional. A centralização dos dados, o rastreamento automático e a redução de erros manuais trouxeram uma melhoria significativa na produtividade da ToBeGreen.

Custos de migração

A migração para um plano pago do *AppSheet Core*, incluído no *Google Workspace*, oferece uma solução mais acessível, uma vez que os benefícios são amplos e as funcionalidades avançadas são desbloqueadas. No entanto, é necessário que a empresa adquira um dos planos do *Google Workspace*, (Figura 43) que inclui o *AppSheet Core*. Esta aquisição permitirá à ToBeGreen manter todos os seus processos integrados dentro de uma única plataforma, o que facilita a transição e minimiza os custos com sistemas adicionais.

O Google Workspace oferece vários planos adaptados a diferentes necessidades e tamanhos de empresa. Abaixo, apresentam-se os planos disponíveis em 2024, com os preços convertidos para euros:

Business Starter:

- **Preço:** 6,77 € por utilizador/mês com pagamento mensal ou 5,75 € por utilizador/mês com compromisso anual.
- **Características:** Inclui 30 GB de armazenamento na *cloud* por utilizador, e-mail personalizado para a empresa, *Google Meet* para até 100 participantes e controlos de segurança básicos. Este plano é adequado para pequenas equipas ou *startups* com necessidades de colaboração simples.

Business Standard:

- **Preço:** 13,54 € por utilizador/mês com pagamento mensal ou 11,50 € por utilizador/mês com compromisso anual.
- **Características:** Oferece 2 TB de armazenamento por utilizador, controlos de segurança avançados, *Google Meet* para até 150 participantes e a capacidade de gravar reuniões. É ideal para empresas que necessitam de mais armazenamento e ferramentas de colaboração.

Business Plus:

- **Preço:** 20,30 € por utilizador/mês com pagamento mensal ou 17,25 € por utilizador/mês com compromisso anual.
- **Características:** Fornece 5 TB de armazenamento por utilizador, *Google Meet* para até 500 participantes, e funcionalidades de segurança avançadas, como o *Google Vault* para arquivo e descoberta de e-mails. Este plano é indicado para empresas maiores com necessidades de segurança e identidade mais complexas.

Enterprise:

- **Preço:** Preço personalizado, dependendo do tamanho e necessidades da organização.
- **Características:** Inclui controlos de segurança avançados, encriptação S/MIME, *Google Meet* para até 1.000 participantes, e armazenamento ilimitado (disponível mediante pedido). Este plano é indicado para grandes organizações com necessidades extensas de segurança e colaboração.

Além disso, o Google Workspace oferece um período de teste gratuito de 14 dias para todos os planos, com descontos significativos para compromissos anuais e para organizações sem fins lucrativos (Google).

MAIS POPULAR			
Business Starter	Business Standard	Business Plus	Enterprise
O primeiro passo para gerir uma empresa de forma profissional	Para empresas em crescimento que interagem e colaboram com frequência	Quando a segurança e a conformidade estão no topo da lista de prioridades	Soluções de produtividade em escala para mais de 300 utilizadores
5,75 € EUR por utilizador/mês, compromisso de 1 ano	11,50 € EUR por utilizador/mês, compromisso de 1 ano	17,25 € EUR por utilizador/mês, compromisso de 1 ano	Contate a equipa de vendas para saber mais sobre os preços
Iniciar avaliação	Iniciar avaliação	Iniciar avaliação	Contactar equipa de vendas
Suplemento do Gemini disponível	Suplemento do Gemini disponível	Suplemento do Gemini disponível	Suplemento do Gemini disponível
✓ 30 GB de armazenamento conjunto por utilizador* ✓ Email empresarial personalizado e seguro (utilizador@e-sua-empresa.com) ✓ Videoconferências para 100 participantes ✓ Controlos de gestão e segurança, Apoio técnico Padrão	✓ 2 TB de armazenamento conjunto por utilizador* ✓ Email empresarial personalizado e seguro (utilizador@e-sua-empresa.com) ✓ Videoconferências para 150 participantes + gravação, cancelamento de ruído ✓ Controlos de gestão e segurança, Apoio técnico Padrão**	✓ 5 TB de armazenamento conjunto por utilizador* ✓ Email empresarial personalizado e seguro (utilizador@e-sua-empresa.com) + eDiscovery, retenção ✓ Videoconferências para 500 participantes + gravação, monitorização da participação, cancelamento de ruído ✓ Segurança melhorada e controlos de gestão, incluindo o Vault e a Gestão avançada de pontos finais ✓ Apoio técnico Padrão**	✓ 5 TB de armazenamento conjunto por utilizador, com a possibilidade de pedir mais* ✓ Email empresarial personalizado e seguro (utilizador@e-sua-empresa.com) + eDiscovery, retenção, encriptação S/MIME ✓ Videoconferências para 1000 participantes + gravação, monitorização da participação, cancelamento de ruído, streaming em direto no domínio ✓ Segurança avançada, gestão e controlos de conformidade, incluindo Vault, DLP, regiões dos dados e gestão empresarial de pontos finais ✓ Apoio técnico Avançado**

Figura 43: Preço dos planos Google Workspace em 14/09/2024

Tabela 2: Análise dos custos benefícios de migração para o AppSheet Core

Elemento	Custo Estimado	Benefícios
Plano pago do Appsheet Core	Incluído no plano Workspace	Maior capacidade de Utilizadores
Funcionalidades avançadas	Incluído	Notificações automáticas
Sincronizações rápidas	Incluído	Melhor gestão de dados

Sustentabilidade a longo prazo

A aplicação foi desenhada para ser escalável e pode continuar a crescer juntamente com a empresa. A modularidade do sistema permite a adição de novas funcionalidades e a integração com outros sistemas de gestão, como ferramentas de *business intelligence* (BI) ou de automação de processos. A longo prazo, a solução será capaz de suportar um volume crescente de dados e utilizadores, mantendo-se uma escolha económica vantajosa para a ToBeGreen.

5.3.3 Escalabilidade

Um dos aspetos centrais da análise de viabilidade foi a escalabilidade da aplicação. O sistema foi projetado para crescer à medida que a empresa expande as suas operações, sem comprometer o desempenho ou a integridade dos dados.

Adição de novos módulos

A aplicação mostrou-se capaz de acomodar novos processos operacionais através da adição de módulos. A capacidade de integrar novos módulos, como o Módulo de Vendas, que está a ser considerado para integração futura nas lojas da ToBeGreen, demonstra a flexibilidade da solução. Este módulo permitirá, eventualmente, a comunicação com sistemas fiscais e a gestão das vendas nas feiras e exposições, onde a ToBeGreen realiza transações diretas com o público.

Integração com ferramentas externas

Outra vantagem que demonstra a escalabilidade da aplicação é a sua capacidade de se integrar com ferramentas externas, como o *Looker Studio* e o *Zapier*. O *Looker Studio* pode ser utilizado para gerar relatórios detalhados e *dashboards* que permitam à administração monitorizar em tempo real o desempenho das operações e o estado do inventário. O *Zapier*, por outro lado, poderá ajudar a automatizar processos como a notificação de fornecedores e a gestão de alertas internos com base em eventos críticos.

Sincronizações e automação

O plano pago do *AppSheet* permitirá a implementação de funcionalidades mais avançadas de sincronização, como a sincronização parcial (*Delta Sync*) ("Improve the speed of Sync - AppSheet Help,"), que só atualiza os dados alterados, e a criação de automações personalizadas que poderão aliviar a carga operacional em áreas críticas.

5.3.4 Conclusões do estudo de viabilidade

A análise de viabilidade revelou que a aplicação está preparada para suportar as operações da ToBeGreen a longo prazo, desde que sejam feitos os investimentos necessários para a sua migração para um plano pago, como o, que vem incluído nos planos do **Google Workspace**. A viabilidade técnica foi comprovada pela capacidade de integração com plataformas externas e pela modularidade do sistema, que permite a adição de novas funcionalidades sem grandes alterações na arquitetura. Do ponto de vista económico, a aplicação mostrou ser uma solução sustentável e escalável, proporcionando um retorno de investimento claro na forma de eficiência operacional, rastreabilidade e redução de erros.

6 Resultados

A implementação de uma aplicação inovadora, como a desenvolvida para a ToBeGreen, requer uma avaliação detalhada dos resultados obtidos após a sua utilização em contexto real. O sucesso de uma solução tecnológica depende não só da sua implementação inicial, mas também dos impactos concretos que provoca nas operações diárias e na sua capacidade de otimizar processos. Neste capítulo, são apresentados os principais resultados oriundos da utilização da aplicação *Google AppSheet* no ambiente operacional da ToBeGreen, com foco na análise dos ganhos de eficiência, redução de erros e melhoria na gestão de dados.

Este capítulo visa destacar o impacto positivo da aplicação nos processos de recolha, triagem, rastreamento e gestão de inventário, áreas críticas para a ToBeGreen. A utilização de *QR Codes* e a centralização dos dados numa única plataforma permitiram aumentar a rastreabilidade das peças de vestuário e otimizar a sincronização de informações entre os diferentes módulos da aplicação.

Além disso, este capítulo aborda a adaptação dos colaboradores ao novo sistema, focando-se na facilidade de uso e na resposta positiva por parte dos utilizadores. A análise da satisfação dos colaboradores e as sugestões de melhoria fornecidas por eles são também discutidas, evidenciando as áreas de sucesso e as oportunidades de melhoria, como a necessidade de sincronizações mais rápidas em operações de maior volume.

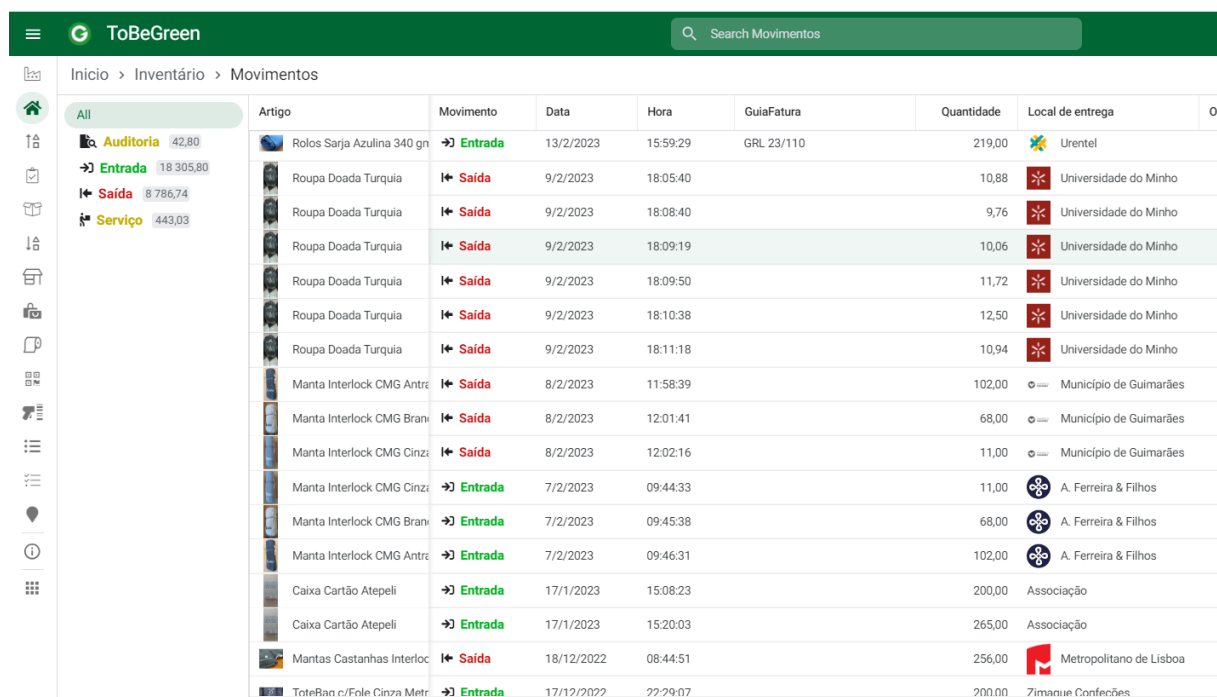
Os resultados aqui apresentados são cruciais para avaliar a eficácia da aplicação e a sua capacidade de suportar o crescimento da ToBeGreen, permitindo que a empresa continue a desenvolver as suas operações de forma eficiente e sustentável.

6.1 Impacto nos processos operacionais

A introdução da aplicação resultou numa melhoria significativa na gestão dos processos da ToBeGreen. O sistema centralizou as operações da empresa, permitindo uma comunicação mais eficiente entre os diferentes módulos. A capacidade de rastrear peças de vestuário em tempo real, utilizando *QR Codes*, melhorou a eficiência das operações de recolha e triagem, reduzindo a possibilidade de erros humanos e aumentando a precisão na gestão do stock (Figura 44).

Rastreabilidade e redução de erros

Uma das maiores conquistas da aplicação foi a capacidade de rastreio desde a recolha até ao processamento final. Com a utilização de *QR Codes*, os colaboradores puderam registar a entrada e saída de materiais com maior precisão, o que resultou numa redução significativa de erros na gestão de inventário. A capacidade de atualização automática dos dados em tempo real também evitou a redundância de dados e a duplicação de tarefas manuais.



Artigo	Movimento	Data	Hora	GuiaFatura	Quantidade	Local de entrega
Rolos Sarja Azulina 340 gn	Entrada	13/2/2023	15:59:29	GRL 23/110	219,00	Urentel
Roupa Doadas Turquia	Saída	9/2/2023	18:05:40		10,88	Universidade do Minho
Roupa Doadas Turquia	Saída	9/2/2023	18:08:40		9,76	Universidade do Minho
Roupa Doadas Turquia	Saída	9/2/2023	18:09:19		10,06	Universidade do Minho
Roupa Doadas Turquia	Saída	9/2/2023	18:09:50		11,72	Universidade do Minho
Roupa Doadas Turquia	Saída	9/2/2023	18:10:38		12,50	Universidade do Minho
Roupa Doadas Turquia	Saída	9/2/2023	18:11:18		10,94	Universidade do Minho
Manta Interlock CMG Antr	Saída	8/2/2023	11:58:39		102,00	Município de Guimarães
Manta Interlock CMG Bran	Saída	8/2/2023	12:01:41		68,00	Município de Guimarães
Manta Interlock CMG Cinz	Saída	8/2/2023	12:02:16		11,00	Município de Guimarães
Manta Interlock CMG Cinz	Entrada	7/2/2023	09:44:33		11,00	A. Ferreira & Filhos
Manta Interlock CMG Bran	Entrada	7/2/2023	09:45:38		68,00	A. Ferreira & Filhos
Manta Interlock CMG Antr	Entrada	7/2/2023	09:46:31		102,00	A. Ferreira & Filhos
Caixa Cartão Atepele	Entrada	17/1/2023	15:08:23		200,00	Associação
Caixa Cartão Atepele	Entrada	17/1/2023	15:20:03		265,00	Associação
Mantas Castanhas Interloc	Saída	18/12/2022	08:44:51		256,00	Metropolitano de Lisboa
ToteBag c/Fole Cinza Metr	Entrada	17/12/2022	22:29:07		200,00	Zimacue Confecções

Figura 44: Vista de movimentos de materiais (versão para computador)

6.2 Melhoria na sincronização e eficiência

Durante a fase de implementação, a sincronização de dados foi identificada como uma das áreas que necessitavam de otimização. O uso intensivo de colunas virtuais impactava os tempos de resposta da aplicação, particularmente quando se tratava de grandes volumes de dados. No entanto, após a

otimização das colunas virtuais e a substituição por colunas fixas em alguns casos, verificou-se uma melhoria de mais de 20% nos tempos de sincronização (Tabela 3).

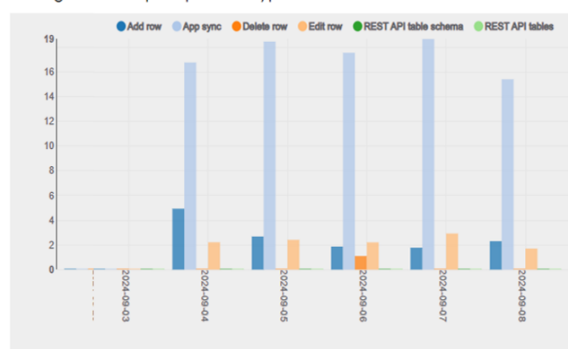
6.2.1 Otimização do desempenho

As melhorias no tempo de sincronização trouxeram uma fluidez acrescida às operações da ToBeGreen. A aplicação tornou-se mais responsiva e os colaboradores passaram a conseguir aceder e atualizar informações de forma mais rápida e eficiente (Figura 45). As operações de leitura de QR Codes e o registo de saída de materiais, passaram a ser realizadas de forma mais rápida.

Tabela 3: Tempos médios da velocidade de sincronização em segundos

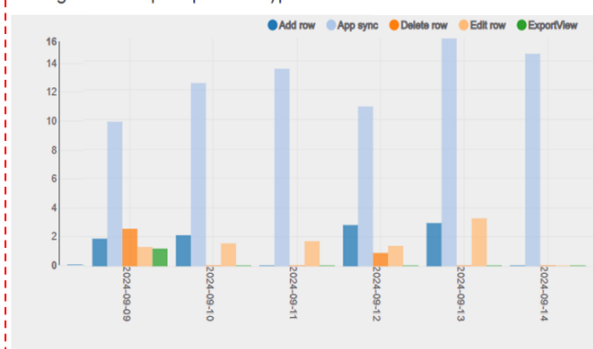
Antes da reconversão de algumas colunas virtuais		Depois da reconversão de algumas colunas virtuais	
Data	Velocidade de sincronização (seg.)	Data	Velocidade de sincronização (seg.)
04/09/2024	16.48	09/09/2024	9.92
05/09/2024	19.25	10/09/2024	12.13
06/09/2024	18.65	11/09/2024	13.64
07/09/2024	19.41	12/09/2024	10.91
08/09/2024	15.88	13/09/2024	16.20
		14/09/2024	14.70
Tempo médio em segundos	17.93	Tempo médio em segundos	12.92

Average duration per operation type



Antes da reconversão de algumas colunas virtuais

Average duration per operation type



Depois da reconversão de algumas colunas virtuais

Figura 45: Tempos médios da velocidade de sincronização em segundos

6.3 Satisfação e adoção por parte dos utilizadores

O envolvimento dos colaboradores foi fundamental para o sucesso da implementação da aplicação na ToBeGreen. O nível de satisfação dos utilizadores foi avaliado com base em vários critérios, utilizando

uma escala de 0 a 5, onde 0 corresponde a "muito insatisfeito" e 5 a "muito satisfeito". Esta avaliação foi realizada após as primeiras semanas de utilização da aplicação, com o objetivo de medir a experiência dos utilizadores em termos de facilidade de uso, eficiência nas funcionalidades, e desempenho geral da aplicação. Os resultados da avaliação do nível médio de satisfação dos utilizadores podem ser observados na Tabela 4 e na Figura 46:

Tabela 4: Nível médio de satisfação dos utilizadores por critério

Critério	Avaliação Média (0-5)
Facilidade de Uso	4.8
Eficiência no Rastreo de Produtos	4.6
Velocidade de Sincronização	3.8
Funcionalidades Gerais	4.5
Acesso e Navegação	4.7

Facilidade de uso

A avaliação média da facilidade de uso foi de 4.8, indicando um elevado grau de satisfação por parte dos utilizadores. A interface simples e intuitiva, combinada com a facilidade de navegação entre os diferentes módulos, foram fatores-chave que contribuíram para a aceitação rápida da aplicação pelos colaboradores. Este resultado reflete o sucesso do design da aplicação, que foi pensado para ser acessível, mesmo para utilizadores com pouca experiência técnica.

Eficiência no rastreio de produtos

A eficiência no rastreio de produtos também foi muito bem avaliada, com uma média de 4.6. A utilização de *QR Codes* para o rastreio das informações foi considerada uma melhoria significativa em relação aos processos manuais anteriores. Os colaboradores destacaram a simplicidade e precisão do sistema, o que aumentou a confiança no controlo do inventário e na gestão das peças ao longo do processo de triagem e valorização.

Velocidade de sincronização

A velocidade de sincronização foi a área com a avaliação mais baixa, obtendo uma média de 3.8. Embora os utilizadores tenham relatado que a sincronização foi, em geral, eficiente para operações de menor volume, surgiram desafios em operações de maior escala, onde os tempos de resposta foram mais lentos. Esta área foi identificada como prioritária para melhoria, com o objetivo de otimizar os

tempos de sincronização através da migração para um plano pago do AppSheet, que permitirá reduzir estes tempos de forma significativa.

Funcionalidades gerais

As funcionalidades gerais da aplicação foram avaliadas com uma média de 4.5, refletindo uma experiência globalmente positiva. Os módulos de gestão de inventário, rastreio de produto e controlo de qualidade foram considerados eficazes e adequados às necessidades da ToBeGreen. As funcionalidades automáticas de atualização de stock e rastreamento também foram apontadas como melhorias significativas.

Acesso e navegação

A navegação entre os módulos da aplicação e o acesso às diferentes funcionalidades foram muito bem avaliados, com uma média de 4.7. Os colaboradores relataram que a organização dos menus e a estrutura da aplicação permitiram uma utilização fácil e fluida, permitindo-lhes alternar entre diferentes módulos sem complicações ou dificuldades de acesso.

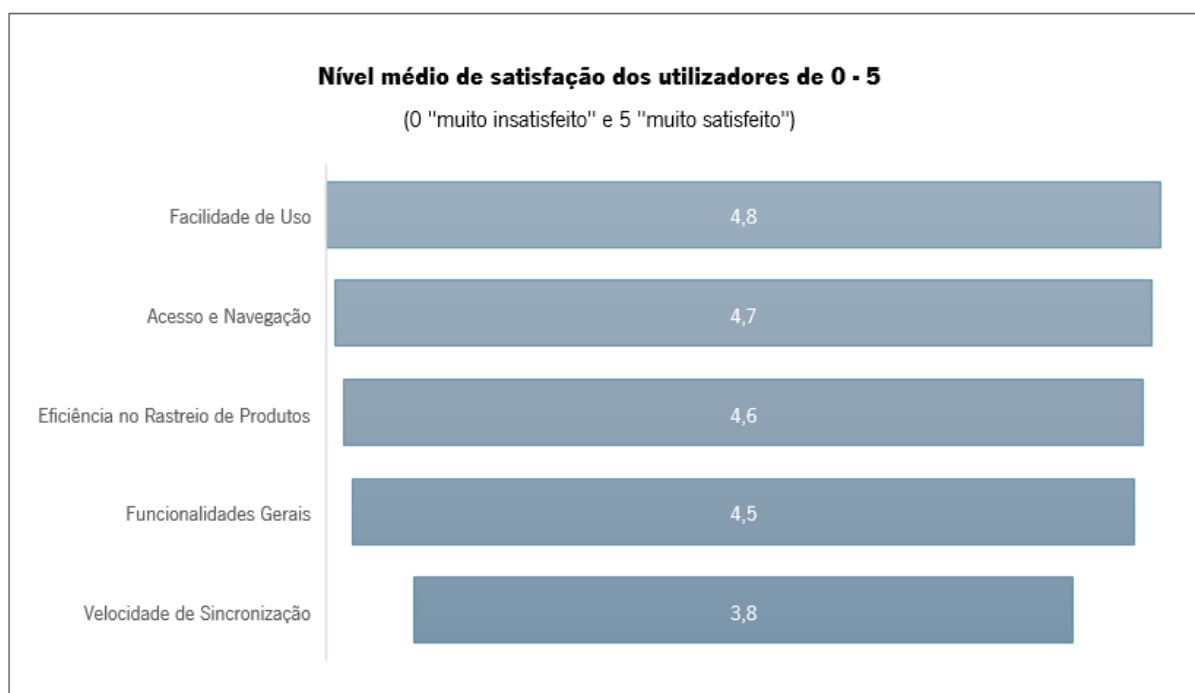


Figura 46: Nível médio de satisfação dos utilizadores por critério

Em resumo, os resultados obtidos após a implementação da aplicação *Google AppSheet* na ToBeGreen demonstram um impacto positivo significativo na eficiência operacional da empresa. A aplicação centralizou os processos, permitindo uma gestão mais eficaz do inventário e melhorando o rastreio de produtos através de *QR Codes*, o que resultou numa redução considerável dos erros manuais e numa atualização de dados em tempo real. Este progresso contribuiu diretamente para o aumento da precisão e controlo nos fluxos operacionais, especialmente no que toca ao controlo de stock.

No entanto, a avaliação da Velocidade de Sincronização, com uma média de 3.8, destacou uma área que requer otimizações adicionais. Embora as melhorias na sincronização de dados, através da substituição de colunas virtuais por colunas fixas, tenham permitido uma redução de mais de 20% nos tempos de resposta, ainda há espaço para aperfeiçoamentos, especialmente em operações de maior escala. A migração para um plano pago do *AppSheet*, que oferece funcionalidades como a sincronização parcial (Delta Sync), será essencial para resolver este problema e garantir que a aplicação continue a operar de forma fluida à medida que a ToBeGreen expande as suas operações.

Em termos de satisfação dos utilizadores, os resultados revelaram que a aplicação foi bem recebida pelos colaboradores. Com uma avaliação média de 4.8 para a Facilidade de Uso e 4.6 para a Eficiência no Rastreio de Produtos, ficou claro que a interface intuitiva e a precisão do sistema de rastreio foram amplamente apreciadas. A navegação fluida entre os módulos e a automatização de processos também contribuíram para a adoção rápida da aplicação, refletindo-se numa avaliação de 4.7 para Acesso e Navegação.

No geral, os resultados confirmam que a aplicação conseguiu atingir os seus principais objetivos, melhorando os processos operacionais da ToBeGreen e aumentando a satisfação dos colaboradores. Contudo, foram identificadas oportunidades de melhoria que poderão ser abordadas através de atualizações e da migração para um plano pago, o que assegurará que a aplicação continue a suportar o crescimento da empresa de forma eficiente e escalável.

7 Conclusões e futuros desenvolvimentos

A implementação da aplicação desenvolvida no *Google AppSheet* revelou-se uma solução eficaz para modernizar e otimizar os processos operacionais da ToBeGreen. A aplicação centralizou as operações diárias da empresa, permitindo uma gestão mais eficiente do inventário, rastreio de produtos e controlo de horas de trabalho dos colaboradores. A utilização de *QR Codes* foi uma das principais inovações, garantindo uma rastreabilidade rigorosa dos materiais, desde a recolha até ao processamento final, contribuindo para a redução de erros e para a atualização em tempo real dos dados.

A aplicação demonstrou ser altamente flexível e escalável, adaptando-se às necessidades da empresa e suportando o crescimento futuro. A modularidade do sistema permitiu a integração de diferentes áreas, o que facilitou a expansão das operações. A integração com o *Google Workspace*, aliada à possibilidade de migração para um plano pago do *AppSheet*, permitirá à ToBeGreen melhorar ainda mais a sua eficiência, com a introdução de funcionalidades avançadas, como notificações automáticas e sincronizações mais rápidas.

No entanto, foram identificadas algumas limitações, como a necessidade de melhorar a velocidade de sincronização, especialmente em operações de grande volume. Estas limitações poderão ser superadas com a migração para um plano pago, que oferecerá maior capacidade de processamento e acesso a funcionalidades adicionais. As sugestões para futuros desenvolvimentos incluem a integração da aplicação com ferramentas externas, como o *Looker Studio*, o *Zapier* e o *Google Analytics* e a expansão de funcionalidades, como a criação de um Módulo de Vendas para suportar transações diretas da ToBeGreen. No geral, conclui-se que a aplicação está bem posicionada para suportar o crescimento da empresa, proporcionando uma solução robusta e eficiente para os desafios futuros.

7.1 Implicações práticas para a ToBeGreen

A implementação da aplicação permitiu à ToBeGreen automatizar e centralizar processos críticos, como a gestão de inventário e o rastreio de produtos. A utilização de *QR Codes* tornou a rastreabilidade das peças de vestuário mais eficiente, reduzindo os erros manuais e otimizando o tempo dedicado a tarefas operacionais. A centralização dos dados numa única plataforma garantiu uma comunicação eficiente entre os diferentes departamentos e a redução da redundância de dados. A integração com ferramentas do *Google Workspace* trará benefícios adicionais, como a gestão centralizada de utilizadores e a sincronização em tempo real de dados.

A flexibilidade da aplicação, que permite a integração de novos módulos, como o Módulo de Vendas, é uma mais-valia para a empresa. À medida que a ToBeGreen expande as suas operações, a aplicação oferece uma base sólida para suportar o crescimento, sendo facilmente adaptável a novos processos e funcionalidades.

7.2 Limitações do estudo

Apesar dos resultados positivos, foram identificadas algumas limitações no estudo. A utilização da versão gratuita do *AppSheet* limitou o número de utilizadores e funcionalidades, como notificações automáticas e sincronização otimizada. Embora a aplicação tenha sido otimizada em termos de velocidade de sincronização, com a substituição de colunas virtuais por colunas fixas, a performance ainda pode ser melhorada em operações de grande volume.

A necessidade de formação contínua dos colaboradores também foi uma limitação. Embora a aplicação tenha sido bem recebida e adotada pelos utilizadores, é importante garantir que todos os colaboradores continuem a ser treinados à medida que novas funcionalidades são adicionadas, para que a eficiência operacional seja mantida.

7.3 Sugestões para trabalhos futuros

Com base nas conclusões e limitações identificadas, foram elaboradas algumas sugestões para o desenvolvimento futuro da aplicação:

- **Migração para um plano pago do *AppSheet*.** A migração permitirá desbloquear funcionalidades avançadas, como sincronização parcial (Delta Sync) e aumento da capacidade de utilizadores. Esta transição será essencial para garantir que a aplicação continue a suportar o crescimento da ToBeGreen de forma eficiente.
- **Integração com ferramentas externas:** A integração com ferramentas como o *Looker Studio*, *Zapier* e *Google Analytics* deverá ser explorada para melhorar a análise de desempenho, automatizar relatórios personalizados, e permitir a monitorização em tempo real. O *Google Analytics*, por exemplo, pode ser utilizado para rastrear e analisar o comportamento dos utilizadores na aplicação, oferecendo dados valiosos sobre a sua utilização e pontos de melhoria. Esta integração permitirá obter uma visão mais detalhada sobre a eficiência operacional e identificar potenciais falhas ou áreas para otimização.
- **Expansão de funcionalidades:** Recomenda-se a adição de novos módulos, como o Módulo de Vendas, que permitirá suportar as operações de venda direta nas feiras e exposições da ToBeGreen. Outras funcionalidades, como notificações automáticas, serão igualmente importantes para melhorar a gestão do stock e as operações diárias.
- **Relatórios personalizados e automação:** À medida que a ToBeGreen cresce, a necessidade de relatórios personalizados será fundamental. A criação de relatórios automáticos, com base nos dados da aplicação, permitirá à administração tomar decisões mais informadas e monitorizar o desempenho das operações em tempo real.

Bibliografia

- Alamin, M. A. A. (2022). Democratizing Software Development and Machine Learning Using Low Code Applications.
- Baloyi, R. B., Gbadeyan, O. J., Sithole, B., & Chunilall, V. (2024). Recent advances in recycling technologies for waste textile fabrics: A review. *Textile Research Journal*, 94(3-4), 508-529.
- Behera, B. (2008). Weaving technology for manufacturing high performance fabrics. In *Polyesters and polyamides* (pp. 253-278). Elsevier.
- Benzaghta, M. A., Elwalda, A., Mousa, M. M., Erkan, I., & Rahman, M. (2021). SWOT analysis applications: An integrative literature review. *Journal of Global Business Insights*, 6(1), 54-72.
- Björquist, S. (2017). Separation for regeneration-Chemical recycling of cotton and polyester textiles.
- Cavillier, Q. A. (2019). *A Digital Platform connecting Academia and Small Businesses: An opportunity for Knowledge Management Experiments*.
- Celep, G., Tetik, G. D., & Yilmaz, F. (2022). Limitations of textile recycling: the reason behind the development of alternative sustainable fibers. In *Next-Generation Textiles*. IntechOpen.
- Chen, X., Memon, H. A., Wang, Y., Marriam, I., & Tebyetekerwa, M. (2021). Circular economy and sustainability of the clothing and textile industry. *Materials Circular Economy*, 3, 1-9.
- Chevalier, M. (2021). The potential of mechanical recycling for post-consumer textiles. *Saxion University of Applied Sciences*, Apr.
- Chowdhury, N. R., Paul, S. K., Sarker, T., & Shi, Y. (2023). Implementing smart waste management system for a sustainable circular economy in the textile industry. *International Journal of Production Economics*, 262, 108876.
- Cooper, T., & Claxton, S. (2022). Garment failure causes and solutions: Slowing the cycles for circular fashion. *Journal of Cleaner Production*, 351, 131394.
- De Lucia, R., Iavazzi, A., Combatti, I., & Quarcoo, B. (2022). Circular Economy at the Core of Levis & Co.'s Success: The Circular Business of Denim. In *Cases on Circular Economy in Practice* (pp. 95-115). IGI Global.
- Di Ruscio, D., Kolovos, D., de Lara, J., Pierantonio, A., Tisi, M., & Wimmer, M. (2022). Low-code development and model-driven engineering: Two sides of the same coin? *Software and Systems Modeling*, 21(2), 437-446.
- Doustdar, O. Textile Recycling and Recovery.
- Drean, J.-Y., & Decrette, M. (2022). Weaving preparation. In *Advanced Weaving Technology* (pp. 3-80). Springer.
- Dymitrowski, A., & Mielcarek, P. (2021). Business model innovation based on new technologies and its influence on a company's competitive advantage. *Journal of Theoretical and Applied Electronic Commerce Research*, 16(6), 2110-2128.
- Dzombak, R., Rosen, C., Pendleton-Knoll, S., O'Neill, K., Chesbrough, H., Strand, R., & Critcher, C. (2020). *Waste Not, Want Not: Eliminating Patagonia's Pre-and Post-Consumer*

- Textile Waste*. The Berkeley-Haas Case Series. University of California, Berkeley. Haas
- Egan, J., & Salmon, S. (2022). Strategies and progress in synthetic textile fiber biodegradability. *SN Applied Sciences*, 4, 1-36.
- Elshan, E., Dickhaut, E., & Ebel, P. A. (2023). An investigation of why low code platforms provide answers and new challenges.
- Erven, R. C. G. S. A. v. (2024). UXAPP: evaluation of the user experience of digital products through emotion recognition.
- Fatimah, Y. A., Govindan, K., Murniningsih, R., & Setiawan, A. (2020). Industry 4.0 based sustainable circular economy approach for smart waste management system to achieve sustainable development goals: A case study of Indonesia. *Journal of cleaner production*, 269, 122263.
- Fayez, K., Mobin, A., & Ahmed, D. M. (2023). Advanced technology in fabric manufacturing. In *Advanced Technology in Textiles: Fibre to Apparel* (pp. 65-95). Springer.
- Fernando, Y., Halili, M., Tseng, M.-L., Tseng, J. W., & Lim, M. K. (2022). Sustainable social supply chain practices and firm social performance: Framework and empirical evidence. *Sustainable Production and Consumption*, 32, 160-172.
- Fischer, A., & Pascucci, S. (2017). Institutional incentives in circular economy transition: The case of material use in the Dutch textile industry. *Journal of cleaner production*, 155, 17-32.
- Franco, M. A. (2017). Circular economy at the micro level: A dynamic view of incumbents' struggles and challenges in the textile industry. *Journal of cleaner production*, 168, 833-845.
- Frank, U., Maier, P., & Bock, A. (2021). *Low code platforms: Promises, concepts and prospects. A comparative study of ten systems*.
- Gandhi, K. (2019). *Woven textiles: Principles, technologies and applications*. Woodhead Publishing.
- González-Cancelas, N., Molina Serrano, B., Soler-Flores, F., & Camarero-Orive, A. (2020). Using the SWOT Methodology to Know the Scope of the Digitalization of the Spanish Ports. *Logistics*, 4(3), 20.
- Google. Compare opções de planos de pagamento flexíveis | Google Workspace. *Experimente o Google Workspace durante 14 dias. Aproveite e teste o Gemini*.
- Goyal, A., & Nayak, R. (2020). Sustainability in yarn manufacturing. In *Sustainable Technologies for Fashion and Textiles* (pp. 33-55). Elsevier.
- Gupta, R., Kushwaha, A., Dave, D., & Mahanta, N. R. (2022). Waste management in fashion and textile industry: Recent advances and trends, life-cycle assessment, and circular economy. *Emerging trends to approaching zero waste*, 215-242.
- Harmsen, P., Scheffer, M., & Bos, H. (2021). Textiles for circular fashion: The logic behind recycling options. *Sustainability*, 13(17), 9714.
- Hassan, M. K., Mohd Rusli, M. H., & Mohd Salleh, N. A. (2023). Development of an order processing system using Google Sheets and Appsheet for a Malaysian automotive SME factory warehouse. *Journal of Mechanical Engineering (JMEchE)*, 20(3), 63-81.
- Hegab, H., Khanna, N., Monib, N., & Salem, A. (2023). Design for sustainable additive manufacturing: A review. *Sustainable Materials and Technologies*, 35, e00576.
- How, M.-L., Cheah, S.-M., Chan, Y. J., Khor, A. C., & Say, E. M. P. (2023). Artificial Intelligence for Advancing Sustainable Development Goals (SDGs): An Inclusive Democratized Low-Code Approach. In *The Ethics of Artificial Intelligence for the Sustainable Development Goals* (pp. 145-165). Springer.
- Improve the speed of Sync - AppSheet Help.
- Interativa, B. (2024). Economia circular propõe reduzir impacto. *Grupo A Hora*.
- Islam, M. S., Ahmed, S., & Azady, M. A. R. (2021). Sustainable technologies for textile production. In *Fundamentals of natural fibres and textiles* (pp. 625-655). Elsevier.

- Jia, F., Yin, S., Chen, L., & Chen, X. (2020). The circular economy in the textile and apparel industry: A systematic literature review. *Journal of Cleaner Production*, 259, 120728.
- Juanga-Labayen, J. P., Labayen, I. V., & Yuan, Q. (2022). A review on textile recycling practices and challenges. *Textiles*, 2(1), 174-188.
- Katragadda, R., Tirumala, S. S., & Nandigam, D. (2015). ETL tools for data warehousing: an empirical study of open source Talend Studio versus Microsoft SSIS.
- Keßler, L., Matlin, S. A., & Kümmerer, K. (2021). The contribution of material circularity to sustainability—Recycling and reuse of textiles. *Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry*, 32, 100535.
- Kirchherr, J., Reike, D., & Hekkert, M. (2017). Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions. *Resources, conservation and recycling*, 127, 221-232.
- Korczak, A. (2023). Designing for Programming Without Coding: User Experience of Mobile Low-code Software. In.
- Kukreti, P. (2023). *Google Cloud Platform All-In-One Guide: Get Familiar with a Portfolio of Cloud-based Services in GCP (English Edition)*. BPB Publications.
- Kumar, A., Prakash, G., & Kumar, G. (2021). Does environmentally responsible purchase intention matter for consumers? A predictive sustainable model developed through an empirical study. *Journal of Retailing and Consumer Services*, 58, 102270.
- Köhler, A. R. (2013). Challenges for eco-design of emerging technologies: The case of electronic textiles. *Materials & Design*, 51, 51-60.
- Ledl, P. (2022). *Analyzing the potential of low-code platforms in digital transformation and implementing a project management application* Technische Hochschule Ingolstadt].
- Leonas, K. K. (2017). The use of recycled fibers in fashion and home products. *Textiles and clothing sustainability: Recycled and Upcycled textiles and fashion*, 55-77.
- Lieder, M., & Rashid, A. (2016). Towards circular economy implementation: a comprehensive review in context of manufacturing industry. *Journal of cleaner production*, 115, 36-51.
- Malik, K. Q. (2021). Appsheet vs React Native: evaluation of performance and development of Android Apps.
- Marques, A. D., & Moreira, S. (2021). Non-formal education as a tool for reducing the impact of the fashion industry-the contribution of to-be-green app.
- Müssig, J., Amaducci, S., Bourmaud, A., Beaugrand, J., & Shah, D. U. (2020). Transdisciplinary top-down review of hemp fibre composites: From an advanced product design to crop variety selection. *Composites Part C: Open Access*, 2, 100010.
- Negm, M., & Sanad, S. (2020). Cotton fibres, picking, ginning, spinning and weaving. In *Handbook of Natural Fibres* (pp. 3-48). Elsevier.
- Neogi, S. K. (2024). *Role of yarn tension in weaving*. CRC Press.
- Nguyen, H. T. (2023). Real-time Energy Performance Tracking. In.
- Niinimäki, K. (2018). *Sustainable fashion in a circular economy*. Aalto University.
- Niinimäki, K., & Hassi, L. (2011). Emerging design strategies in sustainable production and consumption of textiles and clothing. *Journal of cleaner production*, 19(16), 1876-1883.
- Niinimäki, K., Peters, G., Dahlbo, H., Perry, P., Rissanen, T., & Gwilt, A. (2020). The environmental price of fast fashion. *Nature Reviews Earth & Environment*, 1(4), 189-200.
- O que fazemos? *To Be Green*. <https://to-be-green.com/o-que-fazemos/>
- Okafor, C. C., Madu, C. N., Ajaero, C. C., Ibekwe, J. C., Nzekwe, C. A., Okafor, C.,...Nzekwe, C. (2021). Sustainable management of textile and clothing. *Clean Technol. Recycl*, 1, 70-87.
- Pandey, R., Pandit, P., Pandey, S., & Mishra, S. (2020). Solutions for sustainable fashion and textile industry. *Recycling from waste in fashion and textiles: a sustainable and circular economic approach*, 33-72.
- Papamichael, I., Voukkali, I., Economou, F., Loizia, P., Demetriou, G., Esposito, M.,...Zorpas,

- A. A. (2023). Mobilisation of textile waste to recover high added value products and energy for the transition to circular economy. *Environmental Research*, 117716.
- Pattanayak, A. K. (2020). Sustainability in fabric manufacturing. In *Sustainable Technologies for Fashion and Textiles* (pp. 57-72). Elsevier.
- Patti, A., Cicala, G., & Acierno, D. (2020). Eco-sustainability of the textile production: Waste recovery and current recycling in the composites world. *Polymers*, 13(1), 134.
- Payet, J. (2021). Assessment of carbon footprint for the textile sector in France. *Sustainability*, 13(5), 2422.
- Penava, Ž., Šimić Penava, D., & Knezić, Ž. (2019). Determination of the impact of weft density on fabric dynamic thickness under tensile forces. *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, 27(6 (138)).
- Pires, A., & Martinho, G. (2019). Waste hierarchy index for circular economy in waste management. *Waste Management*, 95, 298-305.
- Puyt, R. W., Lie, F. B., & Wilderom, C. P. (2023). The origins of SWOT analysis. *Long Range Planning*, 56(3), 102304.
- Saha, K., Dey, P. K., & Papagiannaki, E. (2022). Implementing circular economy in the textile and clothing industry. In *Supply chain sustainability in small and medium sized enterprises* (pp. 239-276). Routledge.
- Sahay, A. (2023). Cloud-Based Low-Code Model Transformations Composition and Execution.
- Sawai, N. M., Mankar, A., Rasane, A., Yadav, C., & Rai, R. S. (2024). Computer Aided Process Planning for Sheet Metal Cutting Operations in the Manufacturing Industry. *Journal of Electrical Systems*, 20(5s), 253-270.
- Sharma, S. (2019). *Data privacy and GDPR handbook*. John Wiley & Sons.
- Silva, L., Roza, B., & Rathmann, R. (2012). GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS NA CIDADE DO PORTO (PORTUGAL): UM EXEMPLO DE PRÁTICA SUSTENTÁVEL? DOI: 10.5773/rgsa.v6i2.372. *Revista de Gestão Social e Ambiental*, 6, 60. <https://doi.org/10.24857/rgsa.v6i2.372>
- Simon, P. (2022). *Low-Code/No-Code: Citizen Developers and the Surprising Future of Business Applications*. Racket Publishing.
- Sinha, R., Shameem, M., & Kumar, C. (2020). SWOT: Strength, weaknesses, opportunities, and threats for scaling agile methods in global software development. Proceedings of the 13th Innovations in Software Engineering Conference (formerly known as India Software Engineering Conference),
- Stanescu, M. D. (2021). State of the art of post-consumer textile waste upcycling to reach the zero waste milestone. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(12), 14253-14270.
- Tank, A. (2023). *Automate Your Busywork: Do Less, Achieve More, and Save Your Brain for the Big Stuff*. John Wiley & Sons.
- Utebay, B., Celik, P., & Cay, A. (2023). Valorization of fabric wastes through production of recycled cotton yarns by compact ring and open-end rotor spinning. *Journal of Cleaner Production*, 409, 137135.
- Velenturf, A. P., & Purnell, P. (2021). Principles for a sustainable circular economy. *Sustainable production and consumption*, 27, 1437-1457.
- Vezzoli, C., Conti, G. M., Macrì, L., & Motta, M. (2022). *Designing sustainable clothing systems: the design for environmentally sustainable textile clothes and its product-service systems*. FrancoAngeli.
- Wanniarachchi, T., Dissanayake, K., & Downs, C. (2020). Improving sustainability and encouraging innovation in traditional craft sectors: the case of the Sri Lankan handloom industry. *Research Journal of Textile and Apparel*, 24(2), 111-130.
- Wojnowska-Baryła, I., Bernat, K., Zaborowska, M., & Kulikowska, D. (2024). The Growing Problem of Textile Waste Generation—The Current State of Textile Waste Management. *Energies*, 17(7), 1528.

- Wren, B. (2022). Sustainable supply chain management in the fast fashion Industry: A comparative study of current efforts and best practices to address the climate crisis. *Cleaner Logistics and Supply Chain*, 4, 100032.
- Zainol, N. B., Al-Amoodi, M. A. M., Bahrin, M. H. B., Alim, A. A. B. A., & Ibrahim, M. H. B. Lab Equipment Security And Management System. *PROCEEDINGS OF ELECTRICAL ENGINEERING CAPSTONE SHOWCASE (EECS 2020) SMART SECURITY SYSTEM*, 14.