



Automatização da Seleção de Materiais Eléctricos: Desenvolvimento e Aplicação do XpertPick

PEDRO MIGUEL GONÇALVES MOREIRA

julho de 2025

Automatização da Seleção de Materiais Elétricos: Desenvolvimento e Aplicação do *XpertPick*

Pedro Miguel Gonçalves Moreira

**Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia Eletrotécnica - Sistemas Elétricos de Energia**

Orientadora: Teresa Alexandra Ferreira Mourão Pinto Nogueira

Supervisor: José Pedro Miranda

Júri:

Presidente:

Fernando Maurício Teixeira De Sousa Dias, Professor Adjunto, ISEP

Vogais:

Manuel Jorge Dores de Castro, Professor Coordenador, ISEP

Teresa Alexandra Ferreira Mourão Pinto Nogueira, Professor Adjunto, ISEP

Resumo

A seleção eficiente de materiais elétricos é um fator determinante na produtividade, segurança e sustentabilidade das instalações elétricas. No entanto, este processo é frequentemente afetado por decisões subjetivas, por falta de padronização e pela ausência de ferramentas automatizadas de apoio técnico. Com o objetivo de ultrapassar estas limitações, foi desenvolvido o sistema “*XpertPick*”, uma aplicação autónoma que recomenda produtos com base em critérios técnicos e comerciais, extraídos de uma base de dados em *Excel*.

A aplicação permite ao utilizador selecionar as características que considera relevantes e gerar recomendações fundamentadas, com exportação direta para um ficheiro PDF e envio por email. A interface foi concebida para ser intuitiva e modular, integrando funcionalidades como a procura por referência, a seleção dinâmica por categoria e o suporte assistido ao utilizador. O sistema apresenta-se como uma solução prática para consultores e técnicos comerciais, contribuindo para a automatização de processos e para a tomada de decisões mais informadas e eficazes.

Este trabalho demonstra como a integração entre análise técnica, automatização e usabilidade pode melhorar significativamente o processo de recomendação de materiais no setor elétrico, com potencial de aplicação em outras áreas técnicas semelhantes.

Palavras-chave: Sistemas de recomendação, Instalações elétricas, Automação de decisão, Interface gráfica, Características técnicas

Abstract

The efficient selection of electrical materials is a key factor in the productivity, safety and sustainability of electrical installations. However, this process is often affected by subjective decision-making, lack of standardisation and the absence of automated technical support tools. To address the limitations, the “XpertPick” system was developed, an autonomous application that recommends products based on technical and commercial criteria extracted from an Excel-based database.

The application allows the user to select the features that he considers relevant and generate reasoned recommendations, with direct PDF export and email functionality. The interface was designed to be intuitive and modular, integrating features such as reference-based search, dynamic category selection, and contextual user support. The system presents itself as a practical solution for consultants and commercial technicians, contributing to the automation of routine processes and to more informed and efficient decision-making.

This project demonstrates how the integration of technical analysis, automation and usability can significantly improve the material selection process in the electrical sector, with potential for adaptation to other similar technical domains

Keywords: Recommendation systems, Electrical installations, Decision automation, Graphical user interface, Technical features.

Agradecimentos

Apresento os meus agradecimentos a todos aqueles que me acompanharam durante o meu percurso académico e que ajudaram no meu crescimento intelectual.

À minha família por me apoiar nos momentos mais difíceis da minha jornada.

Aos meus colegas de curso que me ajudaram a chegar a este ponto.

À doutora Teresa Nogueira pela oportunidade de poder realizar este projeto e da disponibilidade em orientar o avanço deste trabalho.

Ao ISEP e respetivos docentes que contribuíram imensamente para a minha educação.

À Nortécnica, pela oportunidade de estágio e pela partilha de experiências valiosas.

Ao Eng. José Pedro Miranda pela orientação prática e pelo apoio contínuo durante o projeto.

Índice

1	Introdução	1
1.1	Enquadramento	1
1.2	Objetivos do Trabalho	2
1.3	Organização do Relatório	2
2	Mercado de Materiais Eléctricos e Tendências.....	5
2.1	Caracterização da Indústria de Construção Eléctrica	5
2.2	Normas e regulamentos aplicáveis	6
2.3	<i>E-commerce</i> no mercado eléctrico	7
2.4	Produtos comercializados pela Nortécnica	9
2.5	Sustentabilidade nos materiais eléctricos.....	11
3	Análise da Produtividade em Obras de Instalação Eléctrica.....	13
3.1	Impacto do <i>e-commerce</i> na comercialização de materiais eléctricos.....	13
3.2	Plataformas comerciais existentes: análise e comparação	14
3.3	Perceção do público para as ofertas dos materiais eléctricos.....	15
3.4	Utilização da IA nos sistemas de recomendação.....	17
3.5	Tratamento dos dados dos utilizadores	18
3.5.1	Histórico de compras e <i>feedback</i> de utilizadores	18
3.5.2	Interfaces mais utilizadas.....	18
3.5.3	Tratamento de dados inconsistentes ou incompletos.....	19
3.5.4	Pesquisa com filtros avançados.....	20
3.5.5	Assistente virtual e <i>chatbot</i>	21
4	Arquitetura do Sistema Proposto.....	23
4.1	Diagrama de Componentes do Sistema	24
4.2	Especificações Técnicas.....	27
4.3	Preparação e Processamento de Dados.....	30
4.4	Implementação do Sistema	34

4.4.1	Evolução do Sistema	35
4.4.2	Interface para Consultores	37
4.4.3	Módulo de Assistente Virtual	42
4.5	Resultados e Avaliação do Sistema	44
4.5.1	Efetividade das Recomendações.....	45
4.5.2	Ganhos em Tempo e Produtividade	45
4.5.3	Estudo de Caso Simulado.....	46
4.5.4	<i>Feedback</i> de Utilizadores	46
4.5.5	Comparação com Ferramentas Existentes	47
5	Conclusões	51
5.1	Desafios do Setor e Oportunidade de Inovação	51
5.2	Desenvolvimento da Aplicação.....	52
5.3	Melhorias e Perspetivas Futuras	52
	Referências.....	55

Lista de Figuras

Figura 1 - Previsão do crescimento do mercado de construção elétrica [46]	6
Figura 2 - Valor das remessas do <i>e-commerce</i> no mercado elétrico nos Estados Unidos de 2010-2021 (em milhões de dólares) [14]	9
Figura 3 - Tubo corrugado IBOTEC 2WW 160mm	10
Figura 4 - Tubo VD JSL livre de halogéneo	11
Figura 5 - Modelo do comportamento do consumidor [23]	16
Figura 6 - Fluxograma das funcionalidades da aplicação “ <i>XpertPick</i> ”	25
Figura 7 - Exemplo da estrutura da base de dados na folha “Caminho de Cabos” (1ª metade)	30
Figura 8 - Exemplo da estrutura da base de dados na folha “Caminho de Cabos” (2ª metade)	31
Figura 9 - Fluxograma do Processamento de dados	34
Figura 10 - Aba “Selecionar por Categoria”	37
Figura 11 - Aba de recomendação por categoria com características	38
Figura 12 - Janela das margens.....	39
Figura 13 - Exemplo da tabela criada na aba de recomendação por categoria	39
Figura 14 - Aba “Procurar por Referência”	40
Figura 15 - Erro de referência vazia	40
Figura 16 - Erro de referência não encontrada	40
Figura 17 - Exemplo da tabela criada na aba de recomendação por referência	41
Figura 18 - Email automático do sistema	41

Lista de Tabelas

Tabela 1 – Lista de requisitos para a aplicação “ <i>XpertPick</i> ”	29
Tabela 2 - Funcionalidades assistidas do sistema.....	44
Tabela 3 – Análise comparativa entre o “ <i>XpertPick</i> ” e outras ferramentas.....	48

Acrónimos e Siglas

Lista de Siglas

API	Interfaces de programação de aplicativos
CNN	Redes neurais convolucionais
CPR	Regulamento de Produtos de Construção
CRM	Gestão de relacionamento com o cliente
ERP	Planeamento de recursos empresariais
IA	Inteligência artificial
IoT	Internet das Coisas
KNN	<i>K-Nearest Neighbors</i>
MTA	Agente de transferência de mensagens
NLP	Processamento de linguagem natural
NLU	Compreensão de linguagem natural
RA	Realidade Aumentada
RNN	Redes neurais recorrentes
RTIEBT	Regras Técnicas das Instalações Elétricas de Baixa Tensão
SMTP	<i>Simple Mail Transfer Protocol</i>
SVD	<i>Singular Value Decomposition</i>
TLS	<i>Transport Layer Security</i>
UE	União Europeia

1 Introdução

1.1 Enquadramento

No setor das instalações elétricas, a seleção de materiais desempenha um papel crítico para a eficiência, custo e sustentabilidade dos projetos. Contudo, os instaladores baseiam frequentemente as suas escolhas nas marcas com que estão mais familiarizados, ignorando assim alternativas que podem ser mais vantajosas quer seja em termos de preço, disponibilidade ou desempenho técnico. Este comportamento é também incentivado pela falta de sistemas estruturados que forneçam outras opções de forma clara com uma justificação bem fundamentada.

A Nortécnica, empresa atuante na comercialização de equipamentos e componentes para instalações elétricas, enfrenta desafios relacionados à ausência de um mecanismo automatizado que permita propor alternativas de forma sistemática e eficiente. Este cenário é agravado pelas interrupções na cadeia de abastecimento, que destacam a necessidade de alternativas mais disponíveis.

Neste contexto, a presente dissertação propõe o desenvolvimento de uma aplicação interativa que auxilie profissionais na seleção de materiais elétricos, com base em critérios técnicos definidos pelo utilizador e com apoio de informação adicional relevante, como as margens comerciais e os descontos de compra e venda. A aplicação, designada “*XpertPick*”, tem como objetivo facilitar a identificação de produtos compatíveis, apresentar recomendações fundamentadas, criar relatórios de consulta e permitir o envio direto de resultados por email.

O sistema foi desenvolvido com um foco na autonomia, simplicidade de utilização e adaptação a diferentes categorias de produto.

1.2 Objetivos do Trabalho

O objetivo principal desta dissertação é desenvolver e implementar um sistema de recomendação de materiais para instalações elétricas que permita:

- Identificar produtos alternativos adequados a famílias de produtos específicas;
- Desenvolver critérios de comparação técnica, logística e comercial;
- Automatizar a apresentação de alternativas aos consultores e clientes.

Com este sistema, espera-se não só otimizar o processo de escolha de materiais, mas também aumentar a competitividade da Nortécnica no mercado.

1.3 Organização do Relatório

Este documento encontra-se estruturado da seguinte forma:

1. **Introdução:** Introduz o tema da dissertação, justificando a sua relevância no contexto atual e os objetivos estabelecidos. São também descritas a motivação e a metodologia adotada ao longo do trabalho;
2. **Mercado de Materiais Elétricos e Tendências:** Explora o contexto do mercado e as tendências atuais na indústria de materiais elétricos, com ênfase na competição da Nortécnica, na sustentabilidade e no impacto do *e-commerce*;
3. **Análise da Produtividade em Obras de Instalação Elétrica:** Analisa como ferramentas automatizadas e sistemas de recomendação podem influenciar a produtividade e a tomada de decisão;
4. **Implementação do Sistema:** Descreve em detalhe a solução desenvolvida, incluindo as especificações técnicas, o tratamento e estruturação dos dados, a interface gráfica, o motor de recomendação, as funcionalidades principais da aplicação e comparações entre a solução desenvolvida e outras ferramentas parecidas.

5. **Conclusão:** Sintetiza os principais contributos do trabalho, apresenta uma reflexão sobre a solução implementada, propõe melhorias futuras e traça perspetivas para a evolução do sistema.

2 Mercado de Materiais Elétricos e Tendências

2.1 Caracterização da Indústria de Construção Elétrica

A indústria de construção elétrica desempenha um papel fundamental no setor da construção civil, dado o seu impacto direto na segurança, eficiência e funcionalidade das edificações. Segundo relatórios do mercado global, este setor tem crescido de forma consistente devido à crescente urbanização e à adoção de tecnologias avançadas nas instalações elétricas [1], como demonstrado na figura 1. Além disso, as regulações de eficiência energética e sustentabilidade têm impulsionado a procura por produtos inovadores e ecologicamente seguros [2].

Estudos recentes destacam também o impacto das políticas públicas e incentivos fiscais, que promovem o uso de soluções tecnológicas mais modernas. Essas políticas incluem subsídios para projetos de eficiência energética e programas de certificação focados na sustentabilidade [3]. Adicionalmente, a evolução de materiais como os cabos elétricos de última geração e componentes inteligentes reflete a tendência de digitalização do setor [4].

O mercado também enfrenta desafios relacionados à qualificação profissional, especialmente em relação às novas tecnologias. Empresas têm investido em formação técnica para trabalhadores, promovendo a adaptação às tendências de automação e digitalização. Esta evolução é considerada essencial para manter a competitividade do setor a longo prazo.

Adicionalmente, a integração entre fabricantes, distribuidores e consumidores finais tem sido um fator de destaque no setor. Modelos colaborativos que utilizam ferramentas digitais, como plataformas de gestão de cadeia de suprimentos, têm demonstrado grande potencial para aumentar a eficiência e reduzir custos. Apesar disso, ainda existem lacunas significativas no desenvolvimento de sistemas que integrem completamente todos os partidos.

A indústria também se caracteriza por uma forte dependência das cadeias de abastecimento globais, o que a torna suscetível a interrupções logísticas. Estudos apontam que empresas do setor enfrentam desafios na obtenção de componentes críticos, como cabos e disjuntores, devido às flutuações no mercado de matérias-primas [4].

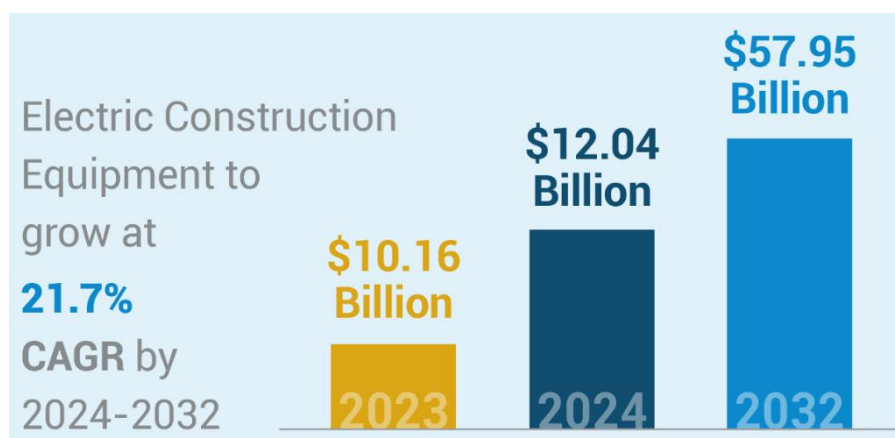


Figura 1 - Previsão do crescimento do mercado de construção elétrica [46]

2.2 Normas e regulamentos aplicáveis

No contexto português e europeu, as normas e regulamentos aplicáveis às instalações elétricas desempenham um papel fundamental para garantir a conformidade técnica e a segurança. Em Portugal, a NP EN 61140:2016 estabelece os princípios fundamentais para a proteção contra choques elétricos, definindo requisitos gerais de segurança para as instalações elétricas com o objetivo de proteger tanto pessoas quanto equipamentos. Complementando esta norma, a NP EN 60364 aborda o projeto e a construção de instalações elétricas de baixa tensão, sendo amplamente utilizada em contextos residenciais, comerciais e industriais [5]. Já o RTIEBT (Regras Técnicas das Instalações Elétricas de Baixa Tensão) fornece um conjunto de diretrizes específicas para o território português, garantindo a segurança e a eficiência das instalações de baixa tensão em conformidade com as regulamentações nacionais [6].

No âmbito europeu, o Regulamento de Produtos de Construção (UE 305/2011 - CPR) define os requisitos de segurança, desempenho e sustentabilidade aplicáveis aos materiais de construção, incluindo produtos elétricos. Esta regulamentação assegura que os materiais atendam a critérios rigorosos de qualidade e funcionalidade, promovendo a sua utilização em toda a União Europeia (UE) [7]. Adicionalmente, a norma EN 50160 estabelece os parâmetros de qualidade da energia elétrica fornecida pelas redes públicas, garantindo a uniformidade no fornecimento de energia em diferentes países. Outra norma europeia de destaque é a EN 61439, que regula o projeto, construção e testes para quadros elétricos de baixa tensão, frequentemente utilizados em instalações industriais e comerciais [8]. Além disso, a diretiva RoHS (2011/65/UE) implementa restrições ao uso de substâncias perigosas em equipamentos elétricos e eletrônicos, reforçando os compromissos europeus com a sustentabilidade e a segurança ambiental [9].

Estas normas e regulamentos são essenciais para assegurar que os produtos e sistemas utilizados nas instalações elétricas atendam aos mais altos padrões de segurança e eficiência. Além disso, promovem a harmonização entre os diferentes países europeus, facilitando o comércio transfronteiriço e incentivam a inovação tecnológica no setor. Contudo, a implementação prática destas normas pode enfrentar desafios, especialmente em pequenos projetos localizados em áreas com menos recursos financeiros ou acesso limitado a profissionais qualificados.

2.3 E-commerce no mercado elétrico

O *e-commerce* tem transformado a maneira como materiais elétricos são comercializados e utilizados, desempenhando um papel cada vez mais central na cadeia de abastecimento global. Este modelo de negócio permite que empresas acessem mercados antes inacessíveis, oferecendo uma solução prática para consumidores e fornecedores em busca de eficiência e inovação e aumentando o número total de vendas como se pode ver na figura 2.

As plataformas de *e-commerce* específicas para o setor elétrico, como *RS Components*, *Farnell* e *Conrad*, oferecem funcionalidades altamente especializadas. Estas plataformas permitem aos utilizadores encontrar produtos com base em critérios técnicos detalhados, como compatibilidade com normas, certificações específicas ou características avançadas de

desempenho. Além disso, estas empresas muitas vezes fornecem suporte técnico, diagramas e manuais detalhados, melhorando a experiência do cliente [10].

Empresas maiores, como *Amazon* e *Alibaba*, têm adotado abordagens semelhantes, mas com o benefício adicional de oferecer sistemas de recomendação baseados em inteligência artificial (IA). Estes sistemas analisam padrões de compra, preferências e comportamentos dos clientes para sugerir produtos que melhor atendam às suas necessidades. Um exemplo significativo é a utilização de algoritmos preditivos, que antecipam a procura e ajudam a otimizar os níveis de *stock* [11].

Um aspeto importante do *e-commerce* é a transparência. Plataformas digitais oferecem aos consumidores a capacidade de comparar preços, verificar especificações técnicas e visualizar avaliações de outros utilizadores. Essa transparência aumenta a confiança e acelera o processo de decisão, especialmente para grandes projetos industriais ou comerciais que exigem precisão nos materiais utilizados [12].

Apesar das inúmeras vantagens, o setor ainda enfrenta desafios. A falta de padronização entre plataformas de *e-commerce* pode dificultar a comparação de produtos semelhantes. Além disso, questões relacionadas à cibersegurança e ao cumprimento de regulamentações locais são também barreiras significativas. A conformidade com normas europeias, como a diretiva RoHS e o Regulamento de Produtos de Construção (CPR) [9], deve ser considerada como uma prioridade para as plataformas que operam internacionalmente.

Em termos de impacto financeiro, o *e-commerce* também tem demonstrado ser um catalisador para redução de custos operacionais. Ao eliminar intermediários e otimizar a logística, fornecedores podem oferecer preços mais competitivos. Além disso, os consumidores finais podem ser beneficiados com uma ampla seleção de produtos e acesso a descontos exclusivos.

Finalmente, a evolução contínua do *e-commerce* no mercado elétrico está diretamente ligada ao avanço da tecnologia. Ferramentas como a realidade aumentada (RA) começam a ser utilizadas para oferecer experiências imersivas aos consumidores, permitindo-lhes "testar" virtualmente como certos equipamentos se comportariam num ambiente específico [13].

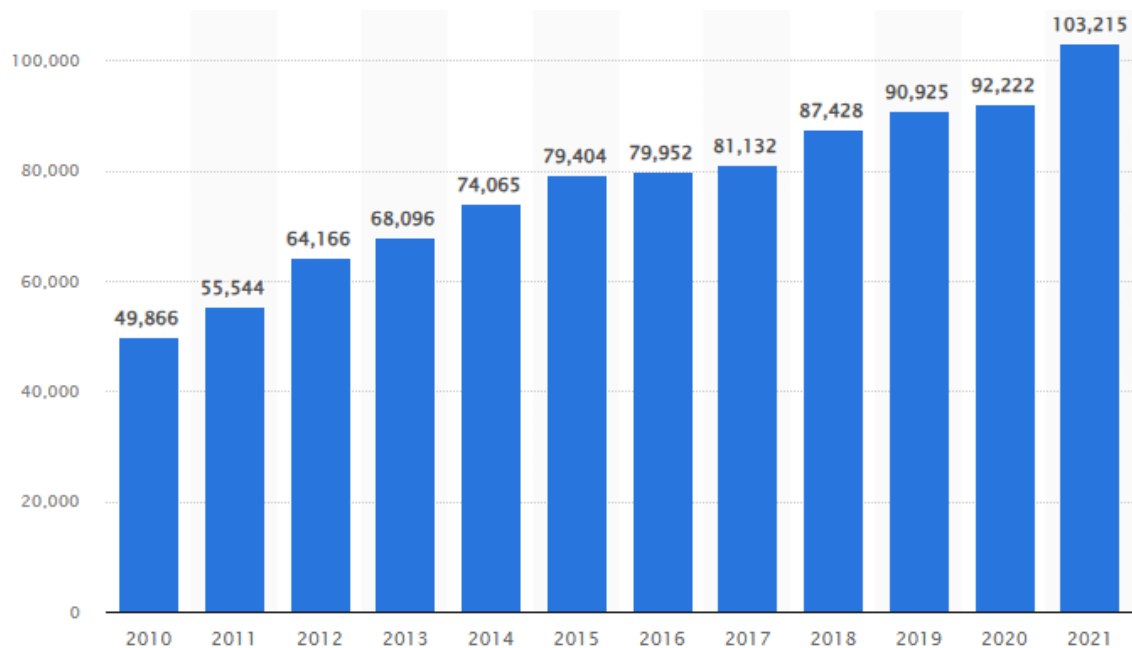


Figura 2 - Valor das remessas do *e-commerce* no mercado elétrico nos Estados Unidos de 2010-2021 (em milhões de dólares) [14]

2.4 Produtos comercializados pela Nortécnica

A Nortécnica, uma das líderes no setor de materiais elétricos, destaca-se pela oferta diversificada de produtos que atendem a diferentes necessidades em instalações residenciais, comerciais e industriais. Esses produtos são rigorosamente selecionados com base em normas e padrões de qualidade, garantindo eficiência, segurança e sustentabilidade.

Um dos produtos mais emblemáticos da Nortécnica são os cabos elétricos de alta eficiência, fabricados em conformidade com a norma EN 50575, que regula o desempenho em segurança contra incêndios. Esses cabos, livres de halogênio, são amplamente reconhecidos por sua capacidade de minimizar a emissão de gases tóxicos em emergências, sendo indispensáveis em ambientes com grande concentração de pessoas, como hospitais e escolas. Além disso, os cabos são projetados para suportar elevadas cargas elétricas, o que os torna ideais para instalações industriais.

Outro destaque são os quadros elétricos modulares, que seguem a norma EN 61439. Esses equipamentos são usados para organizar e proteger circuitos elétricos em edifícios residenciais e industriais, assegurando desempenho confiável mesmo sob condições adversas. A

conformidade com essa norma garante segurança elétrica e reduz o risco de falhas operacionais.

A Nortécnica também aposta em soluções de iluminação inteligente, com foco em tecnologias como lâmpadas *LED* e sistemas de automação baseados em IoT (Internet das Coisas). Essas soluções, alinhadas às regulamentações europeias de *eco-design*, consomem até 80% menos energia do que os sistemas tradicionais e têm maior durabilidade, contribuindo diretamente para a redução das emissões de CO₂ [15].

Os dispositivos de proteção e automação, como disjuntores e relés, são projetados para proteger sistemas elétricos contra surtos de energia e curtos-circuitos. Esses produtos atendem aos requisitos da norma IEC 60947, que define padrões de qualidade e desempenho para equipamentos de baixa tensão.

Finalmente, a Nortécnica também oferece uma ampla gama de tubagens e caminhos de cabos, essenciais para proteger e organizar os sistemas de fiação em projetos elétricos como os das figuras 3 e 4. Estes componentes são fabricados em materiais de alta resistência, como PVC livre de halogênio e aço galvanizado, para atender às exigências de durabilidade e segurança. Além disso, os sistemas de suporte e fixação para cabos são projetados para otimizar o espaço, facilitar a instalação e assegurar a conformidade com normas internacionais.



Figura 3 - Tubo corrugado IBOTEC 2WW 160mm



Figura 4 - Tubo VD JSL livre de halogéneo

2.5 Sustentabilidade nos materiais elétricos

A sustentabilidade tem se tornado um pilar essencial na indústria de materiais elétricos, alinhando-se às metas globais de preservação ambiental e descarbonização. Com o aumento das demandas regulatórias e a conscientização dos consumidores, empresas têm investido significativamente em tecnologias e processos que minimizem o impacto ambiental ao longo do ciclo de vida dos produtos.

Um dos avanços mais expressivos é o desenvolvimento de materiais recicláveis e biodegradáveis, como plásticos de origem vegetal e metais reutilizados. Esses materiais contribuem para a economia circular, reduzindo a dependência de recursos naturais e minimizando o desperdício. Por exemplo, empresas como *Schneider Electric* e *ABB* têm implementado soluções que utilizam plásticos reciclados na fabricação de quadros elétricos e disjuntores [16]

Produtos que otimizam o consumo energético são cada vez mais comuns no mercado elétrico. Equipamentos como sensores inteligentes e dispositivos de automação baseados em IoT permitem o monitoramento e o controle remoto de sistemas elétricos, reduzindo desperdícios

e promovendo um uso mais eficiente da energia. Estes avanços são especialmente úteis em projetos de construção sustentável, como edifícios verdes [17].

Normas internacionais, como a diretiva RoHS (2002/95/CE) [18] e a diretiva *Ecodesign* (2009/125/CE) [19], têm incentivado fabricantes a adotarem práticas mais sustentáveis. Essas regulamentações restringem o uso de substâncias tóxicas e promovem o design ecológico, garantindo que os produtos atendam aos mais altos padrões de segurança ambiental.

Apesar dos avanços, desafios significativos permanecem. O custo inicial elevado de materiais sustentáveis e a falta de padronização global são barreiras para uma adoção mais ampla. Contudo, as empresas que investirem em inovação e sustentabilidade estarão mais bem posicionadas para atender às demandas futuras do mercado.

A sustentabilidade nos materiais elétricos não é apenas uma tendência, mas uma necessidade para garantir um futuro mais verde. A integração de tecnologias limpas, materiais sustentáveis e regulamentos mais rigorosos transformará o setor, promovendo soluções que equilibram desempenho, custo e responsabilidade ambiental.

3 Análise da Produtividade em Obras de Instalação Elétrica

3.1 Impacto do *e-commerce* na comercialização de materiais elétricos

O *e-commerce* reformulou a comercialização de materiais elétricos, fornecendo muitos benefícios em termos de alcance de mercado, eficiência operacional e transparência nas transações. Os tipos de materiais elétricos afetam a segurança e eficácia de todos os projetos, como tal, o *e-commerce* no setor de instalação elétrica é um sistema ideal para consulta, comparação e compra rápida e eficaz dos produtos [12].

Com o uso de plataformas digitais, as empresas podem expandir significativamente o seu alcance geográfico, permitindo aos fornecedores acederem a mercados previamente inacessíveis. A digitalização do processo de comercialização facilita também a entrada em mercados internacionais, permitindo aos consumidores adquirir produtos de alta qualidade, muitas vezes a preços competitivos [10]. Uma outra grande vantagem é a transparência. O preço, as especificações técnicas e as certificações dos produtos estão mais acessíveis aos consumidores, graças às plataformas digitais. Este acesso a informação é crucial para um setor em que o cumprimento de normas e regulamentos é uma obrigação [20].

Os fornecedores também podem ter recomendações personalizadas para cada cliente, graças à IA. A automação adicional de vários processos logísticos, como gestão de *stock* e previsão de procura, leva a várias melhorias no processo operacional, como tempos de entrega mais curtos e clientes mais satisfeitos. O *e-commerce* também promove práticas mais sustentáveis. A digitalização reduz a necessidade de catálogos físicos e facilita a otimização de rotas logísticas, diminuindo a pegada de carbono. Além disso, ao eliminar intermediários, é possível reduzir os custos operacionais, o que resulta em preços mais competitivos para os consumidores finais [21].

No entanto, há grandes desafios na implementação de *e-commerce* no setor elétrico. Por exemplo, a falta de padronização entre as plataformas pode tornar difícil a compra de produtos semelhantes e as questões de cibersegurança também são uma preocupação séria. Da mesma forma, estar em conformidade com todas as regulamentações locais e globais requer grandes investimentos em termos de infraestrutura [4].

3.2 Plataformas comerciais existentes: análise e comparação

As plataformas de *e-commerce* especializadas em materiais elétricos desempenham um papel crucial ao facilitar o acesso a uma ampla gama de produtos, ao mesmo tempo em que otimizam o processo de seleção para engenheiros e instaladores. A análise de plataformas como a *RS Components*, a *Farnell* e a *Hager* permite compreender as suas funcionalidades e como estas se destacam no suporte ao setor de materiais elétricos.

A *RS Components* é uma das principais plataformas de *e-commerce* para componentes elétricos. A sua estrutura permite organizar os produtos com base em critérios técnicos, incluindo conformidade com normas. Além disso, oferece ferramentas como comparadores, manuais técnicos detalhados, diagramas e suporte ao cliente, permitindo que profissionais tomem decisões informadas.

Tal como a *RS*, a *Farnell* destaca-se pelo seu catálogo técnico e pela integração de funcionalidades como listas de compras personalizadas, monitorização de disponibilidade e informações de certificação.

A *Hager* apresenta uma interface simples e intuitiva com acesso a certificados de conformidade e ferramentas educacionais, como *webinars* e guias técnicos. Embora não tenha maneira de

comparar vários produtos automaticamente como as plataformas anteriores, a presença de uma tabela pormenorizada com os aspetos mais importantes do produto facilita a comparação entre vários produtos agilizando a decisão do utilizador.

3.3 Perceção do público para as ofertas dos materiais elétricos

A perceção do público em relação às ofertas de materiais elétricos está diretamente ligada a fatores como o preço, a qualidade, a disponibilidade e a sustentabilidade. Estes elementos têm um papel importante na escolha dos produtos, especialmente em setores técnicos onde a durabilidade e a conformidade com as normas são cruciais.

A figura 5 apresenta um modelo genérico do comportamento do consumidor, frequentemente utilizado como base para analisar os processos de decisão de compra. Embora não tenha sido desenvolvido especificamente para o setor dos materiais elétricos, este modelo permite compreender as etapas cognitivas envolvidas, desde o reconhecimento da necessidade até à escolha final, e serve de base para refletir sobre como essas fases podem ser otimizadas através de ferramentas de apoio à decisão, como o sistema desenvolvido.

A qualidade é frequentemente o critério mais valorizado pelos consumidores, pois influencia diretamente a segurança e a eficiência das instalações. Produtos com certificações são preferidos, pois oferecem garantias de desempenho e de segurança. Com a procura cada vez maior por materiais livres de halogéneo e mais eficientes, é refletida uma preocupação ambiental por parte dos clientes [22], alinhando-se às tendências globais de sustentabilidade que podem ser exploradas para aumentar as receitas dos fornecedores e dos revendedores.

O preço é outra das principais preocupações dos consumidores, especialmente em projetos de grande escala, onde o custo total pode ser influenciado pela escolha dos tipos de materiais e pela sua qualidade e durabilidade, denotando que os clientes estão dispostos a pagar mais se estes aspetos atingirem as suas expectativas, criando assim uma boa imagem da marca que pode levar a que confiem mais nela no futuro [23].

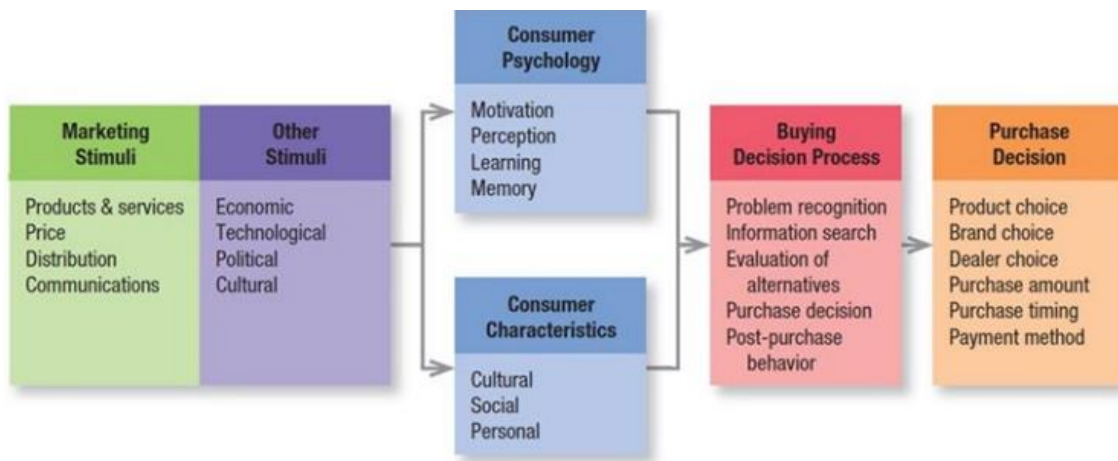


Figura 5 - Modelo do comportamento do consumidor [23]

A disponibilidade imediata dos produtos também é um fator essencial. Plataformas de *e-commerce* que fornecem a informação sobre os seus *stocks* e prazos de entrega em tempo real têm conquistado cada vez mais clientes, enquanto permitem às empresas otimizarem a sua logística, minimizar o número de ruturas ou excesso de produtos e adaptarem-se à procura, levando a um aumento de receitas [24].

Outro aspeto importante é a personalização das ofertas. Consumidores valorizam sistemas que recomendam produtos adaptados às suas necessidades, seja através de filtros avançados ou por sistemas de recomendação baseados em IA. A capacidade de oferecer este serviço conforme o perfil do utilizador não só melhora a experiência de compra, mas também aumenta a probabilidade de fazerem mais compras no futuro, com uma sondagem a indicar que 80% dos entrevistados são propensos a comprar de uma marca se ela oferecer este tipo de experiência [25].

Contudo, existem alguns desafios que limitam a experiência do consumidor, nomeadamente as expectativas crescentes dos clientes, o aumento da competição, a complexidade das especificações técnicas e a falta de padronização entre fornecedores que dificulta a comparação direta entre os produtos [26]. Além disso, as plataformas mais pequenas podem ser questionadas sobre a transparência nas certificações, criando dúvidas que afetam negativamente a decisão de compra [10].

3.4 Utilização da IA nos sistemas de recomendação

Os sistemas de recomendação são ferramentas cruciais para a personalização da experiência nas plataformas digitais, como o *e-commerce*, *streaming* e redes sociais. Estes sistemas utilizam algoritmos de IA para analisar dados e prever as preferências dos utilizadores, fornecendo sugestões personalizadas que aumentam a interação com a plataforma e a conversão de utilizadores em clientes [27] [28].

Existem três abordagens principais para sistemas de recomendação [29]:

- **Filtragem colaborativa:** Baseia-se no comportamento de utilizadores semelhantes, utiliza algoritmos como *Singular Value Decomposition (SVD)* e *K-Nearest Neighbors (KNN)*. Esta abordagem é eficaz para identificar padrões de consumo, mas é limitada quando há falta de dados para analisar, como no problema do *cold start*;
- **Filtragem baseada em conteúdo:** Foca nas características dos artigos e no histórico do utilizador para fazer as recomendações. Algoritmos como *Decision Trees* e *Naive Bayes* são amplamente utilizados para correlacionar atributos dos produtos com as preferências do cliente;
- **Sistemas híbridos:** Esta abordagem combina filtragem colaborativa e baseada em conteúdo para ultrapassar as limitações de cada método isoladamente. Esta abordagem é amplamente adotada em plataformas modernas para oferecer recomendações mais precisas e relevantes.

Além destas vertentes, existem outras onde se incluem as recomendações baseadas em conhecimento, a filtragem baseada em regras e o *deep learning*. Esta última, demonstrou avanços significativos no que diz respeito às relações complexas entre dados. Redes neurais convolucionais (CNNs) e redes neurais recorrentes (RNNs) são utilizadas para recomendar conteúdos com base em imagens, texto e comportamento sequencial do utilizador. O comportamento sequencial analisa a ordem das ações do utilizador, como visualizações, cliques ou compras, para prever a sua próxima ação com base nas interações anteriores [30].

Embora a IA tenha avançado consideravelmente no desenvolvimento dos sistemas de recomendação, ainda existem desafios. Problemas como a discriminação algorítmica, preocupações com a privacidade de dados e a dificuldades para processar grandes volumes de

dados em tempo real exigem soluções contínuas e éticas [31]. Ferramentas como ética na IA e sistemas transparentes podem ajudar a mitigar estes problemas, assegurando uma maior confiança por parte dos utilizadores.

A integração de IA nos sistemas de recomendação não só melhora a experiência dos utilizadores, como também cria oportunidades para responder a necessidades específicas, como no setor de materiais elétricos, onde a personalização baseada em critérios técnicos é essencial. Redes avançadas e algoritmos dinâmicos são cruciais para certificar que as expectativas dos clientes são correspondidas, promovendo a eficiência e a inovação no *e-commerce*.

3.5 Tratamento dos dados dos utilizadores

O tratamento adequado dos dados dos utilizadores é essencial para o funcionamento de plataformas de *e-commerce* e sistemas de recomendação. Informações como o histórico de compras, os padrões de navegação e as preferências expressas ajudam a personalizar a experiência do utilizador, a otimizar as recomendações e a melhorar a tomada de decisões.

3.5.1 Histórico de compras e *feedback* de utilizadores

O histórico de compras é uma fonte crucial de dados para sistemas de recomendação, pois permite analisar padrões de consumo e prever as necessidades futuras dos utilizadores. Pesquisas indicam que algoritmos de *machine learning* podem identificar preferências específicas e oferecer sugestões personalizadas com uma grande precisão. O *feedback* dos utilizadores, agregado pelas avaliações e comentários, é essencial para a melhora contínua dos sistemas de recomendação. Este processo não só melhora a qualidade das sugestões, mas também aumenta a confiança dos clientes na plataforma [32] [28].

3.5.2 Interfaces mais utilizadas

As interfaces de programação de aplicativos (APIs) desempenham um papel importante na integração das plataformas de *e-commerce* com outros sistemas, como o planeamento de recursos empresariais (ERP), um tipo de *software* que as organizações utilizam para gerir atividades comerciais quotidianas, como, por exemplo, contabilidade, compras, gestão de

projetos, gestão e conformidade de riscos e operações da cadeia de fornecimento, e gestão de relacionamento com o cliente (CRM), um *software* com um conjunto de estratégias, processos e tecnologias que procura melhorar a interação entre as empresas e os seus clientes, com o objetivo de aumentar a satisfação, a fidelização e a rentabilidade. O CRM é aplicado desde o primeiro contato com o cliente até o pós-venda, passando por todas as etapas do ciclo de vida do cliente. Estes sistemas permitem a comunicação eficiente entre diferentes aplicações, garantindo que os dados sejam atualizados em tempo real e acessíveis para análises [33].

No contexto do *e-commerce*, APIs focadas na gestão de *stock*, análise comportamental dos utilizadores e recomendação de produtos são das mais utilizadas. Estas ferramentas automatizam processos, como a personalização dos conteúdos e a sincronização da informação entre os catálogos e o sistema de vendas. A flexibilidade proporcionada pelas APIs permite que as empresas adaptem as suas plataformas de forma a responderem às necessidades específicas do mercado, ao integrar sistemas de recomendação e filtros avançados. Estas soluções garantem que os utilizadores têm acesso a uma experiência personalizada, e que as empresas beneficiam com os processos automáticos e precisos. Embora estes sistemas retenham mais utilizadores e aumentem as receitas, isto cria uma preocupação com “bolhas de filtro” que, ao apresentarem apenas o que está mais alinhado com os interesses do utilizador, podem limitar a visualização de outras gamas de produtos.

Por exemplo, um estudo indicou que utilizando IA, a personalização esteve diretamente relacionada com o aumento de receitas. Registos mostram que, nos primeiros 6 meses de implementação, as receitas originadas pelo sistema de sugestão foram cerca de 35%. Além disso, empresas que utilizaram estratégias de preços dinâmicos tiveram melhores resultados devido aos ajustes feitos pelos algoritmos em tempo real [27].

3.5.3 Tratamento de dados inconsistentes ou incompletos

Dados inconsistentes ou incompletos representam um dos maiores desafios para o desenvolvimento de sistemas de recomendação e plataformas de *e-commerce*. Qualquer erro nos dados pode levar a recomendações imprecisas ou inúteis, que impactam negativamente a experiência do utilizador e a sua confiança no sistema. Para lidar com este problema, são utilizadas várias técnicas de tratamento de dados que procuram garantir a qualidade e a fiabilidade das informações usadas.

Uma das estratégias mais comuns é a imputação de dados que utiliza algoritmos para preencher automaticamente qualquer lacuna num conjunto de dados baseando-se na base de dados a seu dispor e a estimar a informação correta. Para esta estimação, são utilizados métodos estatísticos, como a média, a mediana e a regressão, ou técnicas de *machine learning*, como redes neurais [34].

Outra abordagem é a validação da informação em tempo real, onde se verifica os dados dos produtos quando entram no sistema. Este processo ajuda a identificar e corrigir erros mais rapidamente, como valores foras dos seus intervalos ou informações obrigatórias que não foram preenchidas por alguma razão, e no caso de ferramentas de validação que usam IA, conseguem identificar padrões de erros mais complexos e propor soluções mais automaticamente [31].

Para além das soluções anteriores, os sistemas modernos também usam métodos de deduplicação para remover entradas de dados irrelevantes e consolidar informações repetidas. Combinando este método com *machine learning* a eficiência dos sistemas de recomendação aumenta ao reduzir a quantidade de informação irrelevante processada pelo sistema [35].

Outro desafio relevante nos sistemas de recomendação é o problema do *cold start*, que ocorre quando novos utilizadores ou produtos são introduzidos no sistema e não existem dados suficientes para fazer sugestões precisas. Para mitigar este problema, utilizam-se modelos pré-treinados noutros contextos ou técnicas como a recomendação híbrida, onde se combina filtragem colaborativa com abordagens baseadas no conteúdo, que são adotadas para contornar a ausência de um histórico relevante. O uso de algoritmos preditivos também desempenha um papel fundamental na deteção e correção das inconsistências ao analisar um grande volume de dados para prever possíveis erros e sugerir ajustes, melhorando assim a qualidade dos dados sem precisar de intervenção humana constante [29] [30].

3.5.4 Pesquisa com filtros avançados

Os filtros avançados desempenham um papel fundamental na otimização da experiência do utilizador no *e-commerce*, especialmente num setor com muitos detalhes técnicos como o de materiais elétricos. Estes filtros permitem que os utilizadores reduzam a quantidade de produtos irrelevantes encontrados com base em critérios como, as características técnicas do produto, a conformidade com certas normas, o preço e a disponibilidade.

A implementação destes filtros simultaneamente não só simplifica a procura do produto adequado, mas também reduz o tempo necessário para o encontrar e ajuda o utilizador a tomar uma decisão mais informada. Além de melhorar a eficiência, os filtros avançados também promovem uma experiência mais interativa, com algumas plataformas a utilizar *machine learning* para se adaptarem ao comportamento do utilizador ao ajustar os resultados com base nas preferências e no histórico de procura. Esta abordagem garante que os resultados da procura sejam progressivamente mais relevantes para o utilizador conforme ele utilize a plataforma, tornando cada vez mais provável o seu retorno no futuro [36] [37].

Finalmente, os filtros avançados também permitem diferenciar umas plataformas das outras no mercado competitivo atual ao oferecer uma experiência mais precisa e personalizada, permitindo às empresas atraírem e reterem clientes, criando uma vantagem competitiva e saudável.

3.5.5 Assistente virtual e *chatbot*

Os assistentes virtuais e os *chatbots* são frequentemente usados de forma intercambiável, mas têm diferenças consideráveis na sua funcionalidade e aplicação. Enquanto os *chatbots* são programados para responder a perguntas específicas e realizar tarefas baseadas em fluxos pré-definidos, os assistentes virtuais possuem uma gama de respostas mais amplas, sendo programados para executar diversas tarefas com uma maior autonomia, utilizando tecnologias mais avançadas como inteligência emocional artificial e compreensão de linguagem natural (NLU) [38].

Os *chatbots*, regularmente utilizados no *e-commerce*, destacam-se pela sua capacidade de fornecer suporte ao utilizador em tempo real, respondendo a perguntas mais frequentes e a ajudar na compra. Eles são mais eficazes na automação de tarefas repetitivas e em interações básicas, o que ajuda a reduzir os custos operacionais e a melhorar a eficiência no atendimento ao cliente. No entanto, a sua funcionalidade é limitada a respostas pré-programadas, o que é um obstáculo em situações que exigem uma maior compreensão contextual [39].

Por outro lado, os assistentes virtuais são mais avançados, sendo capazes de efetuar interações contextuais mais complexas e personalizadas. Estas ferramentas utilizam *machine learning* e processamento de linguagem natural (NLP) para interpretar comandos e oferecer respostas mais detalhadas, e muitas vezes integram-se em sistemas de recomendação e em análises

preditivas. No setor de materiais elétricos, os assistentes virtuais podem fornecer informações técnicas dos produtos, sugerir alternativas compatíveis com as normas desejadas e até auxiliar na configuração de soluções personalizadas [38].

A combinação destas duas ferramentas no *e-commerce* proporciona uma forte abordagem híbrida. Enquanto os *chatbots* lidam com as interações mais simples e rápidas, os assistentes virtuais lidam com as perguntas mais complexas. Isto melhora a experiência do utilizador pois promove a sua fidelidade ao criar um caminho fluído e eficiente até ao produto desejado.

Resumindo, tanto os *chatbots* como os assistentes virtuais desempenham papéis importantes na evolução das plataformas do *e-commerce* ao combinar a automação e a IA, garantindo uma experiência eficiente e personalizada, beneficiando tanto as empresas como os consumidores.

4 Arquitetura do Sistema Proposto

O sistema “*XpertPick*” apresenta-se como uma solução digital avançada para agilizar o processo de seleção de produtos técnicos, em particular para o setor elétrico e industrial. A arquitetura do sistema foi projetada com foco na integração eficiente de três pilares fundamentais: a interface gráfica, desenvolvida com *Tkinter* e *CustomTkinter*, o motor de lógica e análise, baseada na biblioteca *Pandas* e numa lógica de equivalência ponderada que serve como o núcleo inteligente que interpreta as preferências do utilizador e transforma essas escolhas em recomendações concretas e viáveis, e a base de dados técnica, composta por um ficheiro *Excel* com múltiplas folhas que representam categorias distintas de produtos, complementadas por uma base de imagens associada a cada referência. Esta separação por camadas promove a escalabilidade da aplicação, a facilidade de manutenção e a adaptabilidade a diferentes cenários operacionais. O sistema também inclui funcionalidades adicionais como a criação de um PDF com a tabela de recomendações e o envio automático deste ficheiro por correio eletrónico. Desde o momento em que o utilizador inicia a aplicação até à criação da tabela de recomendações, o sistema funciona de forma harmoniosa e automatizada, onde todas as decisões são baseadas em dados concretos e critérios bem definidos.

A robustez desta arquitetura permite que grandes volumes de dados sejam processados rapidamente e que as recomendações complexas sejam apresentadas de forma clara, mesmo para utilizadores com pouca familiaridade com ferramentas digitais. A estrutura completa foi projetada para funcionar no ambiente *Windows*, com recursos otimizados para abrir ficheiros

locais, gerar PDFs automaticamente e permitir o envio direto dos resultados por email, independentemente da qualidade da máquina onde o programa se encontra.

4.1 Diagrama de Componentes do Sistema

Este capítulo apresenta a estrutura modular do sistema de recomendação de produtos “*XpertPick*”, desenvolvido em *Python*. Através da representação sob a forma de diagrama de componentes, é possível compreender a divisão funcional do sistema, bem como a forma como os módulos interagem entre si. Esta perspetiva modular para além de melhorar a compreensão da estrutura interna da aplicação, também facilita qualquer alteração que precise ser realizada ou alguma evolução ou expansão futura.

A aplicação foi construída com base nas bibliotecas como *Tkinter* e *CustomTkinter*, para a criação e alteração da interface gráfica, bem como para a adição e alteração de outras funções da aplicação como os botões, as caixas de texto e as caixas de combinação que são essenciais para o bom funcionamento do programa, *Pandas* para o carregamento, leitura e manipulação dos dados presentes na base de dados no ficheiro *Excel*, *ReportLab* para a criação e alteração visual do PDF, principalmente na tabela, com os dados dos produtos recomendados, *smtplib* para a conexão com um servidor exterior protegido através de uma conta previamente definida e para o envio automático de correio eletrónico para qualquer email inserido pelo utilizador, e *dotenv* para a leitura de um ficheiro *env* que se encontra encriptado para a proteção dos dados de acesso da conta usada no envio automático de correio eletrónico.

Estes componentes encontram-se organizados de forma sequencial na figura 6, seguindo o ciclo normal de interação do utilizador com o sistema, e cada uma das funções possui responsabilidades diferentes e adequadamente delimitadas.

A estrutura do sistema pode ser representada por um diagrama de componentes em que a interface gráfica atua como o ponto de entrada do utilizador. A interface acede à base de dados que por sua vez fornece todas as informações necessárias ao motor de recomendação. Estes resultados são posteriormente formatados e colocados numa tabela num ficheiro PDF pela função de criação de PDFs. Finalmente, o serviço de e-mail é responsável por aceder à conta encriptada no ficheiro *env* e por enviar os ficheiros criados, com uma mensagem pré-

definida, ao destinatário indicado pelo utilizador. Esta cadeia de comunicação é unidirecional e sequencial, sendo cada componente ativado conforme a ação do anterior com a exceção do e-mail cuja função de envio está ligada a um botão diferente.

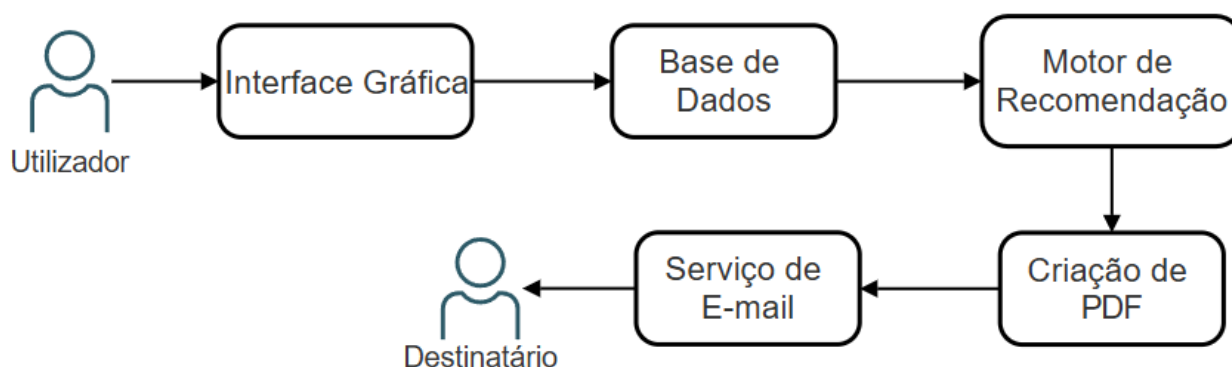


Figura 6 - Fluxograma das funcionalidades da aplicação “XpertPick”

A interface gráfica foi desenvolvida com base nas bibliotecas *Tkinter* e *CustomTkinter* e constitui o ponto de contato entre o sistema e o utilizador. Através desta interface, o utilizador seleciona categorias de produtos, define características específicas, introduz referências e aciona comandos como “Limpar Seleção”, “Recomendar”, “Procurar Semelhantes” e “Enviar E-mail”. Toda a lógica de interação está concentrada neste componente, que se limita a invocar os restantes módulos à medida que o fluxo de operação se desenrola.

O gestor de dados é o responsável por carregar a base de dados, que se encontra sob a forma de um ficheiro *Excel*. Utilizando a biblioteca *Pandas*, este módulo lê os dados das diferentes folhas do *Excel*, limpa as linhas e colunas irrelevantes e prepara os dados para serem utilizados no processo de recomendação. Este módulo é ativado sempre que o utilizador escolhe uma nova categoria ou quando é necessário aceder à informação bruta contida no ficheiro.

O motor de recomendação é o núcleo lógico do sistema. É neste módulo que se processa a correspondência entre os critérios definidos pelo utilizador e os produtos disponíveis na base de dados. Este motor aplica pesos às características selecionadas, utiliza tabelas de equivalência entre atributos semelhantes e calcula uma métrica, “*Match Count*” para a

recomendação baseada nas características e “Score” para a procura de produtos semelhantes à referência inserida, para ordenar os produtos de acordo com a sua adequação e com a sua margem individual.

O gestor de PDFs é responsável pela criação dos relatórios finais. Este módulo recebe os dados organizados pelo motor de recomendação e cria um documento PDF com uma tabela comparativa e imagens dos produtos, utilizando a biblioteca *ReportLab* para formatar visualmente os dados e armazenar num diretório específico do sistema. Além disso, este componente também é responsável por abrir automaticamente o PDF após a sua criação, para que o utilizador o possa visualizar imediatamente.

O serviço de email trata da comunicação externa do sistema. Este módulo envia os ficheiros PDF criados pelo gestor de PDFs para os endereços de email fornecidos pelo utilizador. Para tal, utiliza o protocolo SMTP¹ e acede às credenciais de envio armazenadas num ficheiro *env*. A operação toda é realizada de forma segura, com recurso a encriptação *Transport Layer Security* (TLS), e o envio pode ser acionada a partir de qualquer uma das abas da interface gráfica, mas cada aba envia apenas o PDF criado por essa aba.

A interação entre os componentes ocorre de forma linear e orientada a eventos. O utilizador inicia a operação através da interface gráfica que, mediante a seleção da categoria ou a introdução de uma referência, solicita ao gestor de dados a leitura da informação necessária. Esta informação é posteriormente enviada para o motor de recomendação, que aplica a lógica de correspondência e ordenação dos produtos. Os resultados obtidos são encaminhados para o gestor de PDFs, que produz um relatório visualmente estruturado com as recomendações sugeridas. Por fim, caso o utilizador esteja satisfeito com o ficheiro criado e queira enviar o documento por email, o serviço de email é acionado para realizar essa operação. Esta cadeia de eventos garante que cada componente atua apenas dentro do seu âmbito e contribui para a robustez e modularidade do sistema.

A arquitetura do sistema foi concebida com base em princípios de modularidade, separação de responsabilidade e facilidade de manutenção. Cada componente do sistema possui uma função clara e autónoma, o que permite modificações localizadas sem afetar o funcionamento

¹ SMTP significa *Simple Mail Transfer Protocol*. É um protocolo de comunicação usado para enviar e receber mensagens de e-mail pela Internet. Servidores de e-mail e outros agentes de transferência de mensagens (MTAs) usam SMTP para enviar, receber e retransmitir mensagens de e-mail [43].

global da aplicação. Por exemplo, a substituição da interface gráfica por uma aplicação web não exigiria alterações na lógica de recomendação ou na criação de relatórios. Do mesmo modo, a base de dados poderá no futuro migrar de um ficheiro *Excel* para uma base de dados relacional, sem comprometer a estrutura geral do sistema. A utilização de ficheiros externos como o *env* para as credenciais do email e o suporte para múltiplos formatos de entrada (como referências e categorias) reforçam a flexibilidade e a escalabilidade do sistema.

4.2 Especificações Técnicas

O desenvolvimento do sistema “*XpertPick*” baseou-se em requisitos de portabilidade, interatividade e desempenho. A escolha da linguagem *Python* foi escolhida pela sua versatilidade, pela extensa biblioteca de recursos disponíveis, pela ajuda na resolução de problemas disponível na internet e pela facilidade na implementação de processamento de dados, interfaces gráficas, criação de documentos e comunicação externa num único ambiente de desenvolvimento. A aplicação foi projetada para funcionar em sistemas operativos Windows, podendo ser executada como um script num ambiente de desenvolvimento ou como um executável, compilada através de ferramentas como o *PyInstaller* ou o *auto-py-to-exe* que foi o utilizado para este programa.

A aplicação utilizou as seguintes bibliotecas:

- ***Tkinter***: Biblioteca padrão do *Python* para a construção de interfaces gráficas;
- ***Customtkinter***: Extensão da biblioteca *Tkinter* que permite uma personalização mais avançada da interface;
- ***Pandas***: Biblioteca para carregamento e processamento de dados tabulares, especialmente folhas de *Excel*;
- ***ReportLab***: Biblioteca para a criação dinâmica de documentos PDF, com suporte a tabelas, imagens e formatação de texto;
- ***Smtplib***: Biblioteca padrão do *Python* para o envio de emails pelo protocolo SMTP;
- ***email.mime***: Módulo para a construção de mensagens de email com anexos, texto e formatação adequada;

- **dotenv**: Biblioteca para a leitura de variáveis de ambiente² a partir de ficheiros *env*, garantindo a segurança nas credenciais.

A interface foi construída com o auxílio das bibliotecas *Tkinter* e *Customtkinter*, que oferecem um conjunto abrangente de *widgets* e componentes visuais. Estes componentes foram organizados de forma a oferecer uma navegação fácil e fluida ao utilizador, dividindo a interface em abas funcionais e agrupando visualmente as opções de forma lógica e intuitiva. Esta estrutura assegura uma curva de aprendizagem reduzida e uma experiência de utilizador positiva.

Para a leitura e manipulação dos dados recorreu-se à biblioteca *Pandas*, responsável pelo carregamento da base de dados, pela seleção dinâmica de folhas e pela filtragem e pré-processamento de dados. A escolha desta biblioteca deve-se ao seu elevado desempenho na manipulação de dados tabulares e à facilidade com que permite operações complexas como filtragem condicional, ordenação personalizada e tratamento de dados ausentes.

A criação dos relatórios personalizados em formato PDF foi implementada através da biblioteca *ReportLab*, permitindo a criação dinâmica de documentos que combinam tabelas formatadas, imagens e texto estruturado. Esta funcionalidade é crucial para a comunicação dos resultados ao utilizador e ao cliente final, uma vez que garante a exportação clara e profissional das recomendações.

A componente de envio de relatórios por correio eletrónico foi implementada com *smtplib* e *email.mime*, sendo as credenciais de autenticação geridas através da biblioteca *dotenv*, que carrega as variáveis de ambiente a partir de arquivos de configuração³ externos. Esta estratégia evita a exposição de dados sensíveis no código e torna a aplicação mais segura e facilmente configurável.

² Variáveis de ambiente são valores nomeados dinâmicos que podem afetar o comportamento de processos em execução no computador [44]. No caso desta aplicação são o endereço de email e a palavra-passe do remetente

³ Arquivos de configuração são arquivos que armazenam dados usados para configurar um sistema de *software*, como um aplicativo, servidor ou um sistema operacional [45]. No caso desta aplicação são a base de dados, o manual de utilizador, o ficheiro de detalhes e os diretórios dos relatórios e das imagens.

No que diz respeito à organização interna da aplicação, a estrutura de pastas separa logicamente os ficheiros de dados, como a base de dados, as imagens de produtos e os detalhes, os relatórios gerados, o manual de utilizador e os arquivos de configuração. Esta organização modular contribui para uma manutenção mais eficaz e para a escalabilidade do projeto em futuras versões.

Requisitos do Sistema

Para assegurar um funcionamento estável e eficiente da aplicação “*XpertPick*”, foram definidos dois conjuntos de requisitos do sistema: os mínimos, que representam a configuração mais básica em que a aplicação pode ser executada com funcionalidade completa, e os recomendados, que oferecem um desempenho otimizado, especialmente em cenários com uma base de dados mais extensa ou com uma criação mais frequente de relatórios. Os requisitos de cada conjunto são delimitados na tabela 1.

Tabela 1 – Lista de requisitos para a aplicação “*XpertPick*”

Requisito	Mínimo	Recomendado
Sistema Operativo	<i>Windows 10</i>	<i>Windows 10 ou superior</i>
Memória RAM	4 GB	8 GB
Armazenamento Livre	500 MB	1 GB
Versão do <i>Python</i>	Versão 3.8	Versão 3.11 ou superior
Conectividade	<i>Internet apenas para o envio de emails</i>	<i>Ligação estável com uma firewall configurada para SMTP</i>

A aplicação pode ser distribuída sob a forma de um ficheiro executável autónomo, não sendo necessária a instalação prévia do *Python* por parte do utilizador final. No entanto, para ambientes de desenvolvimento ou manutenção, é recomendável que o *Python* esteja instalado localmente, com todos os ficheiros de que precisa devidamente geridos e armazenados, preferencialmente através de um ambiente virtual.

Estas especificações asseguram que o sistema funciona de forma responsiva, mesmo em contextos de utilização intensiva, como consultas técnicas com múltiplos critérios, exportações sucessivas e envio contínuo de relatórios por correio eletrónico.

4.3 Preparação e Processamento de Dados

A preparação e o processamento de dados constituem uma fase central no funcionamento da aplicação, uma vez que a qualidade das recomendações geradas depende diretamente da estrutura e da consistência da informação obtida a partir da base de dados. O processo todo foi concebido de forma dinâmica, permitindo que o sistema se adapte automaticamente a alterações na base de dados, sem ser necessária uma recompilação do código ou uma intervenção manual no código original.

A base de dados utilizada pela aplicação está organizada num único ficheiro *Excel*, intitulado “Base_Dados_Final” que atualmente contém 5 folhas intituladas “Caminho de Cabos”, “Acessórios de Caminho de Cabos”, “Material de Fixação”, “Tubos” e “Acessórios de Tubos”, onde cada folha representa uma categoria diferente de produtos, embora algumas estejam relacionadas, como “Tubos” e “Acessórios de Tubos”. Um exemplo da folha com o título “Caminho de Cabos” é apresentado nas figuras 7 e 8.

Tipo de Caminho de Cabos	Acabamento	Largura	Altura	Comprimento	Conector	Conexão Mecânica
Chapa	Sendzimir	100	35	3000	Integrado	Encaixe
Chapa	Sendzimir	200	35	3000	Integrado	Encaixe
Chapa	Sendzimir	100	60	3000	Integrado	Encaixe
Chapa	Sendzimir	200	60	3000	Integrado	Encaixe
Chapa	Sendzimir	300	60	3000	Integrado	Encaixe
Chapa	Sendzimir	400	60	3000	Integrado	Encaixe
Chapa	Sendzimir	500	60	3000	Integrado	Encaixe
Chapa	Sendzimir	600	60	3000	Integrado	Encaixe
Chapa	Sendzimir	100	40	3000	Integrado	Encaixe
Chapa	Sendzimir	200	40	3000	Integrado	Encaixe
Chapa	Sendzimir	100	60	3000	Integrado	Encaixe
Chapa	Sendzimir	200	60	3000	Integrado	Encaixe
Chapa	Sendzimir	300	60	3000	Integrado	Encaixe
Chapa	Sendzimir	400	60	3000	Integrado	Encaixe
Chapa	Sendzimir	500	60	3000	Integrado	Encaixe
Chapa	Sendzimir	600	60	3000	Integrado	Encaixe

Figura 7 - Exemplo da estrutura da base de dados na folha “Caminho de Cabos” (1ª metade)

Modelo Conector	Material	Preço (Nível 1/A)	Marca	Imagem	Margem	Referência
-	Aço	8	OBO	chapa35OBO.jpg	44	6047417
-	Aço	12	OBO	chapa35OBO.jpg	44	6047433
-	Aço	9	OBO	chapa60OBO.jpg	44	6047611
-	Aço	11	OBO	chapa60OBO.jpg	44	6047638
-	Aço	15	OBO	chapa60OBO.jpg	44	6047654
-	Aço	22	OBO	chapa60OBO.jpg	44	6047689
-	Aço	28	OBO	chapa60OBO.jpg	44	6047719
-	Aço	33	OBO	chapa60OBO.jpg	44	6047735
-	Aço	3	Soflight	chapaSoflight40.JPG	25	CC-100-40-06-PG
-	Aço	4	Soflight	chapaSoflight40.JPG	25	CC-200-40-06-PG
-	Aço	3	Soflight	chapaSoflight60.JPG	28	CC-100-60-06-PG
-	Aço	5	Soflight	chapaSoflight60.JPG	32	CC-200-60-06-PG
-	Aço	8	Soflight	chapaSoflight60.JPG	38	CC-300-60-08-PG
-	Aço	12	Soflight	chapaSoflight60.JPG	35	CC-400-60-09-PG
-	Aço	14	Soflight	chapaSoflight60.JPG	32	CC-500-60-10-PG
-	Aço	17	Soflight	chapaSoflight60.JPG	28	CC-600-60-10-PG

Figura 8 - Exemplo da estrutura da base de dados na folha “Caminho de Cabos” (2ª metade)

Esta estrutura modular facilita a manutenção e expansão da base de dados, permitindo, por exemplo, a adição de novas categorias de forma simples, sendo apenas necessário inserir uma folha nova no ficheiro com os respetivos produtos, características técnicas e informação comercial. A aplicação é capaz de detetar automaticamente as folhas disponíveis e apresentar ao utilizador as opções correspondentes.

Quando o utilizador seleciona uma categoria através da interface gráfica, o sistema acede à folha correspondente e carrega o conteúdo para a memória utilizando a biblioteca pandas. Durante este processo, é realizada uma filtragem inicial para remover colunas consideradas irrelevantes para a lógica de recomendação, como por exemplo, a marca, o material, ou outros atributos informativos que não influenciam diretamente a correspondência entre os produtos existentes e as preferências do utilizador. Esta remoção de informação irrelevante tem como objetivo otimizar o desempenho e focar a análise nos parâmetros com o maior valor técnico ou comercial.

Após o carregamento, o sistema identifica automaticamente os campos passíveis de seleção e extrai os seus valores únicos. Estes valores são apresentados ao utilizador sob a forma de menus suspensos dinâmicos. A ordenação dos mesmos é feita de forma adaptativa, recorrendo à biblioteca *re*, que já vem integrada com o *Python*, que permite aplicar

expressões regulares para distinguir entre dados numéricos e alfanuméricos. Este mecanismo garante, por exemplo, que valores como “M6x14”, “750 Nt” e “6 J” são apresentados de forma coerente, independentemente do seu tipo.

Uma componente essencial da lógica de recomendação reside na aplicação de pesos diferenciados às características técnicas na forma de listas de prioridade, de forma a refletir a sua importância relativa no processo de decisão. Esta prioridade não é definida manualmente pelo utilizador, mas sim pré-configurada no código, com base em conhecimento técnico das categorias de produtos. As características nas listas de prioridades existentes são:

- Alta Prioridade: Tipo de Caminho de Cabos, Tipo de Acessório, Tipo de Tubo;
- Média Prioridade: Marca Compatível, Livre de Halogéneos, Largura, Diâmetro;
- Baixa Prioridade: Conexão Mecânica, Altura.

A ordem das características e os respetivos pesos foram estabelecidos de forma a refletir critérios comuns de compatibilidade e escolha, garantindo que características fundamentais, como o tipo de caminho de cabos, acessório ou tubo, tenham maior impacto na recomendação final. Cada correspondência entre o produto e os critérios inseridos recebe um valor ponderado, que contribui para o cálculo do “*Match Count*” ou “*Score*”, dependendo da aba utilizada, global de cada produto.

Paralelamente, a aplicação também integra um sistema de equivalências que permite tratar como semelhantes certos valores que, embora diferentes, sejam considerados compatíveis do ponto de vista técnico ou simplesmente o valor mais próximo do inserido pelo utilizador de forma que as recomendações sejam as mais corretas possíveis. Estas equivalências são definidas através de dicionários internos, que agrupam valores semelhantes e atribuem-lhes um peso relativo inferior à correspondência exata. Isto permite que um produto com uma característica próxima à desejada ainda seja considerada relevante, embora com menor impacto na classificação final. De seguida, estão apresentadas as características com listas de equivalências:

- Altura (2 Listas);
- Largura (2 Listas);
- Diâmetro (2 Listas);
- Tipo de Caminho de Cabos (2 Listas);
- Tamanho;

- Conexão Mecânica;
- Resistência à Compressão;
- Resistência ao Impacto.

A existência de duas listas de equivalência para a altura, largura, tipo de caminho de cabos e diâmetro permite ao sistema aplicar níveis graduais de compatibilidade técnica, atribuir pesos diferentes consoante a semelhança entre o procurado pelo utilizador e o que está disponível na base de dados, e refletir tolerâncias realistas entre produtos semelhantes, sem ser necessária a intervenção do utilizador ou de outra entidade. Por exemplo, caso o utilizador queira um produto com “34” de altura, na primeira lista a equivalência seria de “35” já que é o valor mais próximo do original e na segunda lista a equivalência seria de “40” que é o valor disponível mais aceitável e próximo de “35”, embora tenha uma menor compatibilidade.

Para além dos critérios técnicos, o sistema considera também a margem comercial de cada produto como um fator adicional de ordenação. A margem apresentada no *Excel* como um valor numérico é utilizada como o critério de desempate. Quando dois produtos apresentam o mesmo número de características técnicas ponderadas, a aplicação dá preferência ao produto com a margem maior, assegurando uma recomendação que beneficia também a Nortécnica do ponto de vista comercial.

Todo o processo de preparação, análise e ponderação dos dados é realizado em tempo real. A aplicação garante que qualquer modificação no ficheiro *Excel*, como a introdução de novos produtos, alteração de valores existentes ou a reorganização de categorias, é automaticamente refletida na execução seguinte do programa, sem ser necessário reconfigurar ou atualizar o código original. No entanto, a alteração da base de dados enquanto a aplicação está em funcionamento vai resultar na criação de um erro na pasta onde a base de dados está localizada e deve ser apagado, e ainda assim pode resultar no mau funcionamento permanente da aplicação.

Em síntese, o processo de preparação e processamento de dados no “*XpertPick*” combina rigor técnico com flexibilidade operativa, como demonstrado na figura 9. Através do carregamento inteligente de dados, da definição dinâmica das prioridades e da aplicação de regras de equivalência e de ponderação, o sistema transforma uma base de dados

convencional numa ferramenta avançada de apoio à decisão do cliente, ajustada aos objetivos comerciais da Nortécnica.

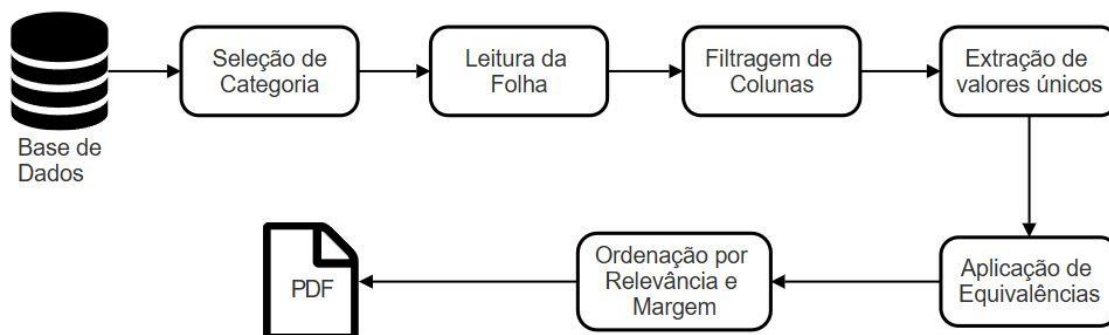


Figura 9 - Fluxograma do Processamento de dados

4.4 Implementação do Sistema

A implementação do sistema “*XpertPick*” resultou da consolidação de múltiplos módulos interligados, organizados em torno de uma interface gráfica responsiva e de uma lógica de recomendação estruturada. A aplicação foi desenvolvida em *Python*, utilizando principalmente bibliotecas como *Tkinter*, *Customtkinter*, *Pandas*, *ReportLab*, *smtplib*, e implementada de forma modular, permitindo assim uma fácil manutenção e possível expansão futura. Este capítulo descreve a forma como os diferentes elementos do sistema foram construídos e integrados, com destaque para a interface principal e para os módulos de recomendação e exportação.

A aplicação é executada localmente, a partir de um ficheiro *.py* ou através de um executável *.exe* autónomo. No momento de inicialização, o sistema define o diretório base de operação e prepara a estrutura da interface, carregando automaticamente os ficheiros necessários, incluindo o *Excel* com a base de dados, o manual em PDF, a lista de informação e os diretórios das imagens e dos relatórios.

A interface gráfica foi construída utilizando a biblioteca *Tkinter* para a criação dos *frames* e de funções secundárias, e a biblioteca *Customtkinter* para a modernizar a aparência da interface e das funções primárias. A estrutura da interface é organizada em múltiplas abas funcionais, acessíveis através da barra de navegação na parte superior da interface gráfica. Cada aba contém um conjunto específico de funcionalidades que reflete uma tarefa habitual do

processo de recomendação, como a escolha da categoria do produto e as suas características ou a comparação por referência de um produto.

O sistema integra múltiplas funções auxiliares que tratam da lógica de carregamento de dados, filtragem, ordenação e criação de relatórios. Toda a interação do utilizador com os elementos gráficos, como botões, caixas de texto e menus suspensos, é traduzida em chamadas a funções internas que processam os dados e apresentam os resultados de forma clara e objetiva.

4.4.1 Evolução do Sistema

O desenvolvimento do sistema “*XpertPick*” decorreu de forma incremental, com a implementação por fases das funcionalidades de acordo com as necessidades técnicas e operacionais identificadas durante o seu desenvolvimento. Este capítulo apresenta, de forma cronológica, a evolução funcional da aplicação, desde as suas versões iniciais até à sua versão atual, com todas as capacidades integradas.

A versão inicial da aplicação consistia exclusivamente na aba de recomendação por categoria, que permitia ao utilizador selecionar uma categoria e indicar os valores técnicos específicos para um conjunto de características. Os resultados eram apresentados diretamente na interface gráfica, sem qualquer exportação externa ou funcionalidade adicional. A lógica de recomendação era simples, baseada apenas na correspondência direta entre os critérios escolhidos e os dados existentes, sem qualquer sistema de equivalência, ponderação ou ordenação por margem. Nesta fase, a aplicação limitava-se a recomendar o produto mais compatível, utilizando menus suspensos gerados com base nas colunas da base de dados.

A segunda fase do desenvolvimento introduziu a funcionalidade de criação de relatórios em PDF. A primeira versão desta funcionalidade produzia um relatório com um produto por página, apresentando a comparação entre os critérios inseridos pelo utilizador e as características do produto recomendado. Cada página incluía a descrição do produto, as diferenças face aos critérios desejados e a imagem associada. Este modelo era limitado a cinco produtos no máximo, e as recomendações eram ordenadas apenas pela contagem direta de correspondências, sem aplicação de pesos nem desempate por margem. Ainda assim, esta funcionalidade representou um avanço importante, pois permitiu a exportação dos resultados para um formato reutilizável e partilhável.

Na terceira fase foram introduzidas melhorias significativas ao modelo de recomendação e de relatório. O PDF passou a apresentar os resultados de forma tabular numa única página, facilitando a comparação entre alternativas. Simultaneamente, foi introduzido o botão de limpeza do selecionado na interface, e a lógica de recomendação foi atualizada para incorporar a ordenação por peso das características, seguida do ordenamento pela margem comercial em caso de empate. Estas alterações reforçaram a utilidade prática do sistema e permitiram a recomendação de sugestões mais relevantes tanto técnicas como comercialmente.

Posteriormente, foram definidas as primeiras listas de equivalência, aplicadas a características consideradas essenciais para o produto, como a altura, a largura, o diâmetro e outras. Estas listas permitiram que produtos com valores tecnicamente próximos fossem considerados compatíveis, ainda que não coincidissem exatamente com os critérios inseridos. As equivalências foram organizadas em grupos com diferentes graus de proximidade, permitindo ao sistema atribuir pesos decrescentes consoante o afastamento face ao valor ideal.

Na etapa seguinte, foram também estabelecidas as listas de prioridade das características, diretamente no código. Estas listas definem, de forma fixa, a importância relativa de cada atributo técnico no cálculo do valor de correspondência de cada produto, influenciando a ordem de recomendação dos produtos. Ao combinar prioridades com equivalências e margens comerciais, o sistema passou a oferecer uma lógica de recomendação mais completa e equilibrada.

A seguir, foi implementado o envio automático de relatórios por email, utilizando o protocolo SMTP com autenticação segura e encriptação TLS. O utilizador passou a poder enviar diretamente o relatório PDF para o cliente, introduzindo apenas o endereço de email pretendido. As credenciais de envio foram originalmente introduzidas diretamente no código, mas o código foi alterado para serem lidas a partir de um ficheiro *env* garantindo a segurança das informações sensíveis.

De seguida, foi adicionada à interface uma caixa de texto que permite definir o número de recomendações desejadas, substituindo o limite fixo anterior de cinco produtos. Esta funcionalidade tornou a aplicação mais flexível, permitindo gerar relatórios mais extensos ou mais concisos consoante a preferência do utilizador.

A aplicação foi então expandida com a criação da aba de procura por referência, que permite pesquisar um produto específico através da sua referência e encontrar alternativas tecnicamente semelhantes. Esta funcionalidade aplica a mesma lógica de ponderação e equivalência, partindo de um produto existente em vez de uma seleção manual de características.

Por fim, foram introduzidas funcionalidades de apoio ao utilizador, incluindo um botão de informação, que apresenta a informação utilizada na determinação do preço e das margens de cada produto, e um botão de abertura do manual de utilizador em PDF. Estes elementos visam tornar o sistema mais acessível, reduzindo a necessidade de formação técnica prévia.

A evolução do sistema “*XpertPick*” demonstra uma trajetória de desenvolvimento contínua e bem fundamentada, onde cada nova funcionalidade foi introduzida com o objetivo de aumentar a autonomia, a precisão e a utilidade da aplicação num contexto real. O resultado final é uma ferramenta integrada, versátil e orientada à tomada de decisões técnicas e comerciais.

4.4.2 Interface para Consultores

A interface principal foi concebida para ser utilizada por consultores técnicos e comerciais, permitindo-lhes obter recomendações rápidas e fundamentadas com base em critérios definidos pelo cliente ou pelas exigências de um projeto. Como é possível observar na figura 10, a aplicação apresenta duas abas principais: “Selecionar por Categoria” e “Procurar por Referência”.

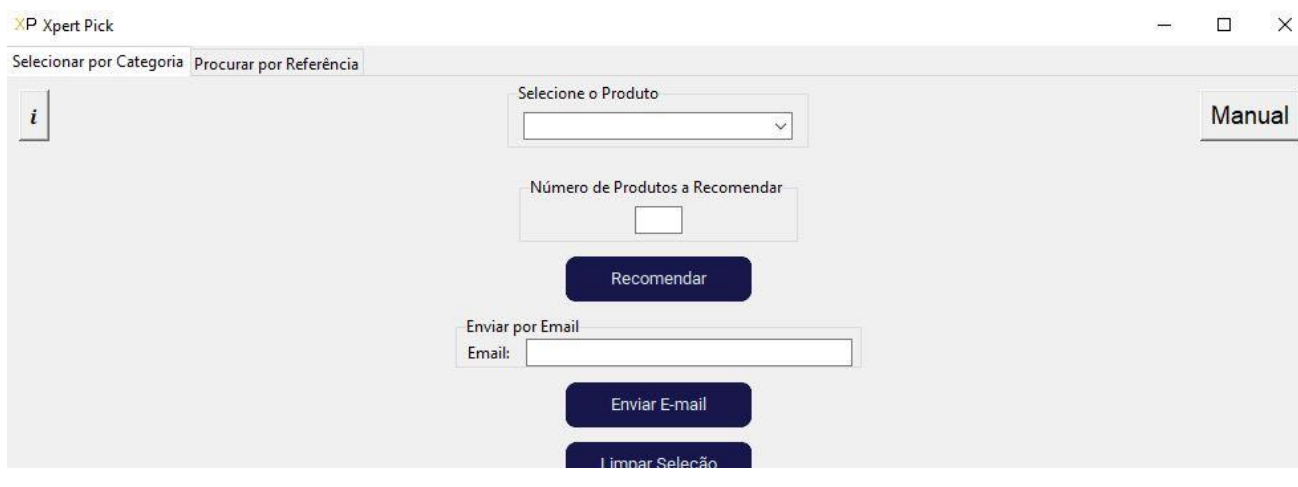


Figura 10 - Aba “Selecionar por Categoria”

Na aba de recomendação por categoria, o utilizador começa por seleccionar a categoria do produto que procura, a qual corresponde a uma folha no ficheiro *Excel* como a exemplificada nas figuras 7 e 8. Após esta selecção, o sistema carrega os dados relevantes e apresenta os menus suspensos correspondentes às características técnicas disponíveis para essa categoria. O utilizador pode depois seleccionar livremente os critérios desejados e indicar o número de produtos a recomendar como o demonstrado na figura 11.

The screenshot shows the 'Xpert Pick' application window. At the top, there are two tabs: 'Selecionar por Categoria' (active) and 'Procurar por Referência'. Below the tabs, there is an information icon 'i' on the left and a 'Manual' button on the right. The main area is titled 'Seleção do Produto' and contains a dropdown menu currently showing 'Tubos'. Below this is a section titled 'Seleção das Características' with five dropdown menus: 'Tipo de Tubo' (VD), 'Livre de Halogéneos' (Sim), 'Diâmetro (mm2)' (32), 'Resistência à Compressão' (1250 Nt), and 'Resistência ao Impacto' (6 J). Underneath is a 'Número de Produtos a Recomendar' section with a text input field containing the number '3'. A dark blue 'Recomendar' button is positioned below the input field. At the bottom, there is an 'Enviar por Email' section with an 'Email:' label and a text input field, followed by a dark blue 'Enviar E-mail' button and a dark blue 'Limpar Seleção' button.

Figura 11 - Aba de recomendação por categoria com características

Após acionar o botão de recomendação “Recomendar”, o sistema calcula os produtos mais compatíveis, aplicando os pesos pré-definidos das características e as equivalências entre os valores técnicos. Os valores das margens dos produtos recomendados são apresentados numa janela separada, ordenados do maior ao mais baixo, como o apresentado na figura 12. Depois, a aplicação cria de imediato um relatório em PDF com os resultados apresentados numa tabela, com destaque no produto com a maior correspondência, como o da figura 13. Caso o utilizador tenha seleccionado uma característica por engano, existe também o botão “Limpar Seleção” que apaga todos os valores seleccionados nos menus suspensos das características.

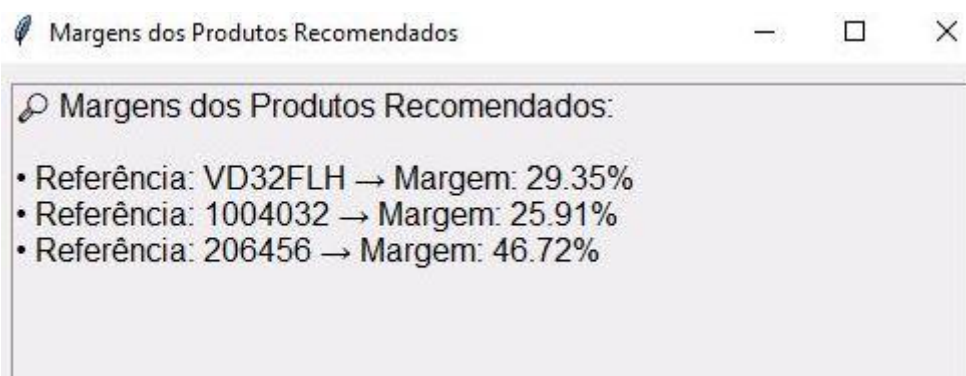


Figura 12 - Janela das margens

Mais Recomendado: VD32FLH

Característica	Selecionado	VD32FLH	1004032	206456
Imagem	-			
Tipo de Tubo	VD	VD	VD	VD
Livre de Halogéneos	Sim	Sim	Sim	Sim
Diâmetro (mm2)	32	32	32	32
Resistência à Compressão	1250 Nt	1250 Nt	1250 Nt	1250 Nt
Resistência ao Impacto	6 J	6 J	6 J	2 J
Resistência à Dobragem	-	Rígido	Rígido	Rígido
Classe IP Mínima	-	IP 66	IP 65	IP 54
Classe IK Mínima	-	IK 09	IK 08	IK 07
Temperatura de Utilização	-	-25 °C a +90 °C	-25 °C a +120 °C	-5 °C a +90 °C
Material	-	Termoplástico	Termoplástico	Termoplástico
Marca	-	JSL	KOUVIDIS	BASOR
Preço (Nível 1/A)	-	1.86 €	2.79 €	2.74 €

Figura 13 - Exemplo da tabela criada na aba de recomendação por categoria

Na segunda aba, focada na comparação por referência, o utilizador introduz diretamente a referência de um produto numa caixa de texto na interface gráfica, como se pode ver na figura 14.



Figura 14 - Aba “Procurar por Referência”

Caso essa caixa de texto esteja vazia, ou com uma referência que não está presente na base de dados, as mensagens de erro nas figuras 15 e 16 aparecem, respectivamente.

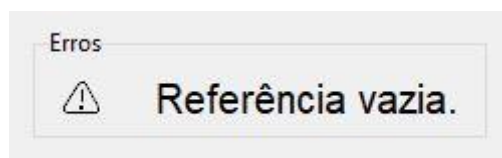


Figura 15 - Erro de referência vazia

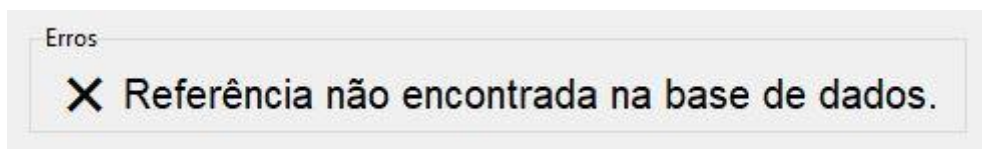


Figura 16 - Erro de referência não encontrada

O sistema pesquisa automaticamente essa referência em todas as folhas do *Excel* e caso ela esteja presente, o sistema identifica as características do produto e aplica a mesma lógica de correspondência da aba anterior, com as mesmas listas de equivalência e critérios ponderados. Esta funcionalidade é útil para situações em que se pretende encontrar uma alternativa a um produto específico, seja por indisponibilidade, substituição do catálogo ou outra razão. Tal como a aba anterior o utilizador pode escolher o número de produtos a recomendar e após acionar o botão “Procurar Semelhantes” o sistema cria uma janela idêntica à da figura 12 com as margens ordenadas da mesma maneira e cria de imediato um relatório PDF com os resultados em tabela, parecido com a da figura 13, mas com a segunda coluna substituída por uma com as características da referência inserida como se pode ver na figura 17.

Comparação por Referência

Produto Base: VD32FLH

Característica	Produto Base	1004032	206456	1005032
Imagem				
Tipo de Tubo	VD	VD	VD	VD
Livre de Halogéneos	Sim	Sim	Sim	Sim
Diâmetro (mm2)	32	32	32	32
Resistência à Compressão	1250 Nt	1250 Nt	1250 Nt	750 Nt
Resistência ao Impacto	6 J	6 J	2 J	6 J
Resistência à Dobragem	Rígido	Rígido	Rígido	Rígido
Classe IP Mínima	IP 66	IP 65	IP 54	IP 65
Classe IK Mínima	IK 09	IK 08	IK 07	IK 08
Temperatura de Utilização	-25 °C a +90 °C	-25 °C a +120 °C	-5 °C a +90 °C	-25 °C a +120 °C
Material	Termoplástico	Termoplástico	Termoplástico	Termoplástico
Marca	JSL	KOUVIDIS	BASOR	KOUVIDIS
Preço (Nível 1/A)	1.86 €	2.79 €	2.74 €	2.30 €

Figura 17 - Exemplo da tabela criada na aba de recomendação por referência

Adicionalmente, ambas as abas contêm botões de apoio, que permitem ao utilizador abrir o manual de utilizador em PDF, consultar uma janela com informações complementares e acionar a função “Enviar E-mail” desde que a respetiva caixa de texto esteja preenchida, o que resultará no envio automático do relatório em PDF criado por essa aba como anexo numa mensagem pré-escrita através por uma conta pré-definida, como é demonstrado na figura 18.

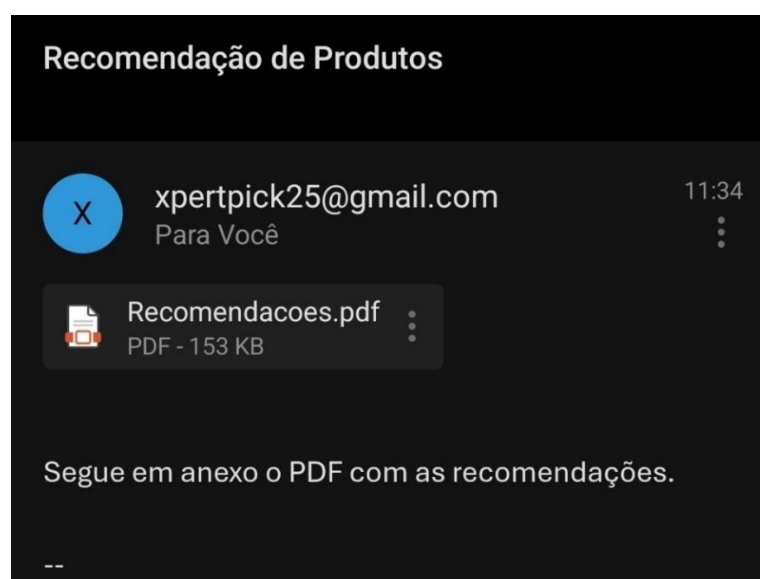


Figura 18 - Email automático do sistema

4.4.3 Módulo de Assistente Virtual

Embora a aplicação “*XpertPick*” não tenha integrada nela um assistente virtual no sentido tradicional, ou seja, uma interface baseada em linguagem natural ou em diálogo com o utilizador, ela incorpora diversas funcionalidades que cumprem o papel de assistente técnico automatizado, apoiando o utilizador em cada etapa da utilização da aplicação, minimizando erros, e guiando as decisões por uma lógica pré-definida.

O comportamento assistido do sistema começa logo na fase de carregamento da base de dados. Ao seleccionar uma categoria de produto, o sistema carrega automaticamente a folha correspondente do ficheiro *Excel*, identifica as colunas relevantes, elimina atributos desnecessários e gera dinamicamente os menus suspensos com os valores possíveis. Esta automatização evita ao utilizador a necessidade de configurar manualmente as opções, reduzindo o risco de erro e acelerando o processo de pesquisa.

Durante a inserção de critérios, o sistema valida internamente a consistência dos dados. Caso algum campo esteja em branco, o sistema interpreta essa omissão como uma decisão intencional do utilizador e ignora essa característica no processo de filtragem e no cálculo da correspondência. Esta abordagem permite que o programa faça recomendações mais abrangentes, mantendo certos critérios abertos ou indefinidos. Apenas em situações de entrada inválida, como na introdução de uma referência inexistente ou em branco, o sistema apresenta mensagens de aviso específicas, informando o utilizador sobre a necessidade de correção.

A lógica de recomendação é inteiramente automatizada e inclui, embora omitida, a aplicação de pesos às características técnicas, com base numa lista de prioridades definida no código. Características consideradas mais relevantes do ponto de vista técnico têm um maior impacto na ordenação final dos produtos. Para além disso, o sistema aplica regras de equivalência, que permitem considerar valores próximos como compatíveis, atribuindo-lhes pesos decrescentes conforme a distância deles em relação ao valor pretendido. Estas regras estão definidas internamente em dicionários e cobrem atributos como a altura, largura e diâmetro.

Ao gerar resultados, o sistema destaca automaticamente o produto com o maior grau de correspondência e cria automaticamente um relatório em formato PDF. Este relatório é formatado de forma limpa e clara, inclui imagens dos produtos, características técnicas e é guardado num diretório pré-definido. A aplicação abre automaticamente o ficheiro gerado para visualização imediata, sem necessidade de navegação manual até à pasta de destino.

A funcionalidade de envio por email constitui outro exemplo de assistência automatizada. O utilizador apenas precisa de inserir o endereço do destinatário que o sistema trata da autenticação, anexação do relatório e do envio do email através de um servidor SMTP com ligação encriptada. As credenciais de envio são armazenadas de forma segura num ficheiro *env*, garantindo a confidencialidade dos dados.

Por fim, o sistema inclui também recursos de apoio à utilização, como o botão de informação, que exibe informações sobre os detalhes comerciais utilizados para determinar os preços presentes na base de dados, e o botão de abertura do manual de utilizador, que permite aceder rapidamente a um guia em formato PDF com explicações detalhadas sobre as funcionalidades do programa. Estas funcionalidades ajudam a reduzir a curva de aprendizagem e aumentam a autonomia do utilizador.

Em resumo, embora o programa não possua um assistente virtual no sentido tradicional, a sua arquitetura integra um conjunto de mecanismos automatizados que o tornam num assistente técnico digital. Através de respostas inteligentes, validações dinâmicas, geração de conteúdos e suporte contextual, o sistema orienta o utilizador de forma eficaz, reduzindo erros, acelerando decisões e garantindo uma experiência fluída e produtiva.

Tabela 2 - Funcionalidades assistidas do sistema

Funcionalidade Assistida	Descrição	Benefício para o Utilizador
Carregamento automático de categorias	O sistema carrega dinamicamente as folhas do <i>Excel</i>	Elimina a necessidade de configuração manual e permite escalabilidade
Geração dinâmica de menus suspensos	Menus criados com base nas colunas da categoria selecionada	Garante coerência com a base de dados e evita opções inválidas
Interpretação inteligente de campos em branco	Menus suspensos em branco são ignorados no cálculo da recomendação	Permite recomendações mais amplas sem penalizar o utilizador
Validação de dados sensíveis	Erros na inserção da referência são detetados com mensagens específicas	Previne falhas e orienta o utilizador na correção dos dados
Aplicação automática de pesos e prioridades	Características mais relevantes têm mais impacto na recomendação	Simula a análise de um especialista técnico, sem exigência de configuração
Reconhecimento de equivalências entre valores	Valores parecidos são tratados como compatíveis com pesos ajustados	Aumenta a tolerância da análise e aumenta as opções relevantes
Criação automática de PDF	O sistema formata os resultados, guarda o ficheiro e abre-o automaticamente	Facilita a visualização do relatório e poupa tempo
Envio automático de email com anexo	Envia o relatório PDF por SMTP sem intervenção externa	Agiliza a comunicação com clientes ou colegas
Botão de carregamento do manual de utilizador	Abre um ficheiro PDF com explicações do funcionamento da aplicação	Fornecer apoio imediato sem necessidade de procurar documentos
Botão de informação	Exibe uma janela com os descontos de venda aplicados aos preços	Ajuda na interpretação dos resultados comerciais e aumenta a transparência

4.5 Resultados e Avaliação do Sistema

Esta secção apresenta uma avaliação prática da aplicação “*XpertPick*”, com base em testes realizados num ambiente real de trabalho e simulações de cenários típicos de seleção de materiais. O objetivo é aferir a eficácia das recomendações, os ganhos em produtividade e a utilidade percebida pelos utilizadores.

4.5.1 Efetividade das Recomendações

Foi realizada uma análise comparativa entre os resultados apresentados pela aplicação e a seleção manual tradicional feita por consultores. Em 20 simulações:

- Em 80% das simulações, o produto mais recomendado pela aplicação coincidia com a escolha que um técnico faria manualmente;
- Em todos os casos, a lista de recomendados incluía pelo menos três alternativas tecnicamente válidas;
- A aplicação conseguiu aplicar corretamente regras de equivalência e prioridades, mesmo com critérios incompletos.

Este resultado evidencia a eficácia da lógica de correspondência, mesmo sem histórico de utilizador ou *machine learning*.

4.5.2 Ganhos em Tempo e Produtividade

A aplicação “*XpertPick*” demonstrou ganhos significativos em termos de rapidez e eficiência no processo de seleção técnica de materiais elétricos. Em testes comparativos realizados, foi medido o tempo necessário para concluir uma recomendação utilizando o método tradicional e, em paralelo, com recurso à aplicação.

No processo tradicional, o técnico necessita de consultar catálogos ou ficheiros *Excel*, comparar manualmente características entre produtos e reunir informação suficiente para justificar a escolha. Este procedimento, mesmo quando é realizado por profissionais experientes, demora habitualmente entre 10 e 15 minutos, consoante a complexidade dos critérios e o número de produtos avaliados.

Com o “*XpertPick*”, o tempo médio entre a introdução dos critérios e a criação do relatório em PDF foi inferior a 20 segundos. Esta diferença resulta da automatização da filtragem por características, do agrupamento de produtos de várias marcas num único local, da aplicação imediata das prioridades e da criação automática do documento final. Adicionalmente, a funcionalidade de envio direto por email reduz ainda mais o número de passos necessários.

Estes resultados evidenciam uma redução muito expressiva do tempo gasto, com benefícios diretos na produtividade de equipas técnicas ou comerciais que lidam com múltiplos pedidos de recomendação ao longo do dia.

4.5.3 Estudo de Caso Simulado

Contexto: Seleção de um tubo corrugado para instalação num edifício escolar com exigência de baixa emissão de fumo e compatível com acessórios existentes.

Dados introduzidos:

- Categoria de Produto: Tubos;
- Tipo de Tubo: Corrugado;
- Livre de Halogéneos: Sim;
- Diâmetro: 40;
- Resistência à Compressão: 1250 Nt;
- Resistência ao Impacto: 6 J;
- Número de recomendações: 5.

Resultados:

- A aplicação apresentou cinco alternativas, ordenadas por correspondência às características e por margem, respetivamente;
- Dos produtos presentes na base de dados, o primeiro produto sugerido coincide com aquele que seria mais recomendado por técnicos;
- O relatório foi gerado automaticamente e enviado por email em menos de 30 segundos.

4.5.4 Feedback de Utilizadores

Durante testes informais com colaboradores da Nortécnica, foram recolhidas impressões qualitativas sobre o sistema. Os aspetos mais valorizados incluíram:

- Facilidade de utilização da interface;
- Rapidez e fluidez na geração de resultados;
- Clareza dos relatórios gerados em PDF;

- Qualidade das sugestões.

Entre as sugestões de melhoria, destacaram-se a possibilidade de personalização dinâmica das prioridades e a exportação para formatos além de PDF, aspectos que já estão considerados em propostas futuras de desenvolvimento.

4.5.5 Comparação com Ferramentas Existentes

Com o objetivo de posicionar a aplicação “*XpertPick*” face a outras soluções tecnológicas atualmente disponíveis, foi realizada uma análise comparativa com três plataformas relevantes no domínio da seleção de produtos técnicos: *Matmatch*, *Ansys Granta Selector* e *Zoovu*. Apesar de propósitos distintos, todas estas ferramentas partilham, em alguma medida, o objetivo de apoiar decisões relacionadas com a escolha de materiais ou produtos.

Matmatch é uma plataforma online gratuita que permite procurar e comparar materiais com base em propriedades técnicas, como densidade, condutividade ou resistência térmica. Está especialmente orientada para engenharia de materiais e seleção científica. Embora ofereça uma filtragem precisa por parâmetros técnicos, não permite ajustar prioridades nem integra lógica comercial, como a ordenação por margem ou o uso de equivalências, funcionalidades centrais do “*XpertPick*” [40].

Ansys Granta Selector é um *software* especializado na análise e seleção avançada de materiais, muito utilizado em contexto académico e industrial. Suporta critérios múltiplos, análises gráficas e integração com ferramentas de simulação. No entanto, exige conhecimento técnico aprofundado e não é direcionado para decisões comerciais rápidas. O seu nível de complexidade torna-o menos acessível para utilizadores não especializados, ao contrário do “*XpertPick*”, que privilegia simplicidade e rapidez [41].

Zoovu é uma plataforma comercial de recomendação de produtos, frequentemente usada em *e-commerce*. Utiliza inteligência artificial para guiar o utilizador através de uma série de perguntas até à sugestão de um produto. Apesar de ser altamente interativa e adaptável, não é adequada para contextos técnicos rigorosos nem integra critérios específicos como compatibilidade técnica, margens ou listas de equivalência [42].

A tabela 3 resume os principais pontos fortes de cada ferramenta nos aspectos considerados mais vitais, destacando simultaneamente as limitações mais relevantes do “XpertPick”:

Tabela 3 – Análise comparativa entre o “XpertPick” e outras ferramentas

Aspeto Essencial	XpertPick	Matmatch	Ansys		Limitações do XpertPick
			Granta Selector	Zoovu	
Interface e Usabilidade	Simples, focada no técnico-comercial	Simples, baseada em filtros	Técnica, complexa	Intuitiva, orientada ao consumidor	Apenas local e com um único utilizador
Priorização de Critérios	Configurável pelo utilizador	Não configurável	Parcialmente configurável	Adaptável por IA, mas não técnica	Não aprende com o histórico (sem IA)
Lógica de Equivalência	Sim, por listas personalizáveis	Não	Sim, com base científica	Não	Depende de listas definidas manualmente
Critérios Comerciais	Sim, com ordenação por margem integrada	Não	Não	Sim, com foco na conversão	Tem apenas um modelo comercial fixo
Base de Dados Técnica	Local e personalizável	Ampla e certificada	Extensa e científica	Não técnica	Estrutura rígida de Excel, sem stock em tempo real
Instalação /Acesso	Local, por executável	Web-based	Requer instalação e licença	Web-based	Sem versão online ou integração ERP/CRM

Apesar de se destacar pela leveza, rapidez e flexibilidade prática, o “*XpertPick*” não integra funcionalidades como IA, aprendizagem automática, simulações gráficas ou acesso remoto, que caracterizam algumas das ferramentas mais avançadas. A sua dependência de ficheiros locais com estrutura fixa e a ausência de integração com sistemas externos são aspetos a melhorar.

Ainda assim, pela sua simplicidade, capacidade de adaptação e foco direto na resolução de problemas técnicos e comerciais reais, o “*XpertPick*” ocupa um espaço funcional próprio, especialmente útil em ambientes onde é necessário equilíbrio entre rigor técnico, agilidade e autonomia

5 Conclusões

5.1 Desafios do Setor e Oportunidade de Inovação

A análise do mercado de materiais elétricos evidenciou uma crescente digitalização das operações comerciais, acompanhada pela diversificação da oferta e pela complexidade técnica crescente dos produtos disponíveis. Apesar da existência de plataformas de venda online e catálogos digitais, a seleção de materiais continua a depender, em grande parte, do conhecimento individual dos profissionais e da sua experiência com marcas e modelos. Esta realidade contribui para ineficiências no processo de escolha, nomeadamente no tempo necessário para encontrar alternativas viáveis, sobretudo quando existem restrições de *stock* ou exigências técnicas específicas.

Por outro lado, verificou-se que a aplicação de tecnologias de apoio à decisão, como sistemas de recomendação baseados em regras e critérios técnicos, pode ter um impacto direto na produtividade das equipas que trabalham num contexto de obra. A automatização da escolha de produtos compatíveis, a priorização das características mais relevantes e a consideração de fatores comerciais, como a margem de lucro e a disponibilidade, revelam-se como elementos fundamentais para acelerar o processo de escolha e aumentar a fiabilidade das decisões tomadas.

Neste enquadramento, torna-se evidente a utilidade de uma ferramenta que consiga combinar critérios técnicos, lógica comercial e usabilidade, facilitando a seleção de produtos em tempo útil e baseada em dados estruturados. A aplicação desenvolvida surge assim como

uma resposta direta às limitações observadas no setor, apoiando a digitalização do processo de escolha e contribuindo para uma maior eficiência nas operações relacionadas com a instalação elétrica.

5.2 Desenvolvimento da Aplicação

A aplicação “*XpertPick*” foi desenvolvida com o objetivo de responder às necessidades práticas dos consultores técnicos e comerciais da área dos materiais de instalação elétrica. O sistema oferece duas formas principais de recomendação: por categoria, baseada nos critérios técnicos inseridos pelo utilizador, e por referência, permitindo encontrar alternativas para produtos específicos.

O desenvolvimento decorreu de forma incremental, começando com a criação de uma interface gráfica simples e evoluindo para um sistema completo, que inclui motor de recomendação, criação automática de relatórios em PDF e envio por email. Ao longo deste processo, foram integradas funcionalidades como a ponderação por prioridades, o uso de equivalências técnicas, a definição do número de produtos a recomendar, e a incorporação de botões de apoio com informação comercial e acesso ao manual de utilizador.

A aplicação funciona de forma autónoma e é compatível com qualquer computador Windows, podendo ser executada como ficheiro .exe. O sistema é leve, intuitivo e requer apenas um ficheiro *Excel* como base de dados e o diretório para os PDFs, para a recomendação, adaptando-se automaticamente às categorias existentes e às características dos produtos

5.3 Melhorias e Perspetivas Futuras

Embora a aplicação desenvolvida cumpra os objetivos definidos e se revele funcional num ambiente real, a sua evolução pode beneficiar de várias melhorias, tanto ao nível da flexibilidade como da escalabilidade e integração com sistemas externos. Abaixo apresentam-se as principais propostas de desenvolvimento futuro, agrupadas por dimensão funcional e estratégica.

Melhorias Técnicas Imediatas

- **Personalização da prioridade das características;**
Permitir que o utilizador defina a ordem de importância das características técnicas diretamente na interface, ajustando a recomendação às necessidades de cada consulta.
- **Externalização da lógica de equivalência e ponderação;**
Separar as listas de equivalência e os pesos das características do código-fonte, passando a geri-las através de ficheiros externos facilitando assim, a manutenção e a adaptação do sistema.
- **Histórico de recomendações e relatórios;**
Implementar um sistema de registo das pesquisas e relatórios gerados, permitindo ao utilizador consultar decisões anteriores, suas ou dos seus colegas, reutilizar critérios com facilidade e verificar os produtos escolhidos pelo cliente após as recomendações.
- **Exportação para outros formatos;**
Disponibilizar a possibilidade de gerar resultados em *Excel* ou *.csv*, além do PDF atual, para facilitar a integração com ferramentas de gestão interna.
- **Modos de recomendação configuráveis.**
Introduzir diferentes estratégias de recomendação, como técnica que seria mais rigorosa ou comercial que iria priorizar a margem comercial, que o utilizador possa escolher conforme o objetivo da análise.

Evolução Estratégica da Aplicação

A médio e longo prazo, a aplicação poderá evoluir para um sistema mais robusto e escalável, com funcionalidades que ultrapassam o âmbito do funcionamento local e permitem a utilização por várias pessoas. Entre as possibilidades destacam-se:

- **Migração para ambiente *web*;**
Implementar uma versão online que suporta múltiplos utilizadores em simultâneo, acesso remoto, gestão de permissões e centralização de dados, embora neste caso será necessário omitir qualquer informação interna da Nortécnica como os descontos de compra e de venda.

- **Integração com sistemas ERP e CRM;**
Estabelecer uma ligação direta a catálogos empresariais, bases de dados de clientes e fluxos comerciais já existentes, permitindo automatizar tarefas comerciais e técnicas, e aumentar a eficiência do processo de recomendação em ambientes empresariais.
- **Integração com base de dados de *stock*;**
Ligar a aplicação a uma base de dados que indique a disponibilidade de produtos em tempo real, permitindo recomendar apenas artigos que estejam efetivamente disponíveis ou prestes a ser entregues à Nortécnica.
- **Incorporação de inteligência artificial;**
Introdução de algoritmos que aprendam com o histórico de decisões dos utilizadores, ajustando dinamicamente os pesos atribuídos às características com base em padrões reais de seleção ou em perfis comerciais.
- **Expansão para outros setores técnicos.**
A lógica do sistema poderá ser adaptada a áreas como a climatização, canalização ou componentes industriais, alargando o impacto do projeto.

A contínua digitalização do setor e a necessidade crescente de respostas rápidas e fundamentadas tornam evidente o potencial de soluções como o “*XpertPick*” para se tornarem ferramentas estratégicas no apoio à engenharia, vendas e gestão de produto, contribuindo para uma maior eficiência e competitividade.

Referências

- [1] G. M. Insights, “Electric Construction Equipment Market Size - By Equipment (Excavators, Loaders, Bulldozers, Cranes, Dump Trucks, Roller), By Battery Capacity, By Battery Technology, By Power Source, By End-User Industry, Forecast 2024 - 2032,” Global Market Insights, 2024.
- [2] IBISWorld, “Other Electrical Equipment Manufacturing in Portugal - Market Size, Industry Analysis, Trends and Forecasts (2024-2029),” IBISWorld, 2024.
- [3] M. d. Planeamento, “Plano de Recuperação e Resiliência,” República de Portugal, 2021.
- [4] Raiven, “Q2 2022 Electrical Supply Chain Update,” Raiven, 18 Maio 2022. [Online]. Available: <https://www.raiven.com/procurement-news/q2-2022-electrical-supply-chain-update>. [Acedido em 10 Novembro 2024].
- [5] I. P. d. Qualidade, “Instituto Português da Qualidade,” 2024. [Online]. Available: <https://www.ipq.pt/loja/normas/>. [Acedido em 27 Dezembro 2024].
- [6] D. d. República, “Regras Técnicas das Instalações Eléctricas de Baixa Tensão,” Imprensa Nacional Casa da Moeda, 11 Setembro 2006. [Online]. Available: <https://diariodarepublica.pt/dr/legislacao-consolidada/portaria/2006-70055500>. [Acedido em 27 Dezembro 2024].
- [7] EUR-Lex, “Regulamento (UE) n. ° 305/2011,” União Europeia, 24 Abril 2011. [Online]. Available: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/?uri=CELEX:32011R0305>. [Acedido em 27 Dezembro 2024].

- [8] C. E. d. N. Electrotécnica, “CENELEC,” 2024. [Online]. Available: <https://www.cencenelec.eu/>. [Acedido em 27 Dezembro 2024].
- [9] EUR-Lex, “Directive - 2011/65 - EN - rohs 2 - EUR-Lex,” União Europeia, 21 Julho 2011. [Online]. Available: <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2011/65/oj/eng>. [Acedido em 27 Dezembro 2024].
- [10] K. v. Gelder, “E-commerce worldwide - statistics & facts,” Statista, 10 Dezembro 2024. [Online]. Available: <https://www.statista.com/topics/871/online-shopping/#topicOverview>. [Acedido em 27 Dezembro 2024].
- [11] M. & Company, “What is e-commerce?,” pp. 1-8, 29 Junho 2023.
- [12] J. Miglani, M. O’Grady, F. Swerdlow e T. Hansen, “Global Retail E-Commerce Forecast, 2024 To 2028,” Forrester, 2024.
- [13] B. Team, “How Augmented Reality in Ecommerce Can Deliver a More Enticing Shopping Experience,” *BigCommerce*, 2020.
- [14] D. Coppola, “E-commerce value of electrical equipment, appliances, and components manufacturing shipments in the United States from 2010 to 2021,” Statista, 4 Março 2024. [Online]. Available: <https://www.statista.com/statistics/185060/us-electrical-equipment-manufacturing-shipments-e-commerce-value-since-2003/#statisticContainer>. [Acedido em 23 Janeiro 2025].
- [15] C. Europeia, “ Ecodesign Impact Accounting Overview Report 2024,” União Europeia, 2024. [Online]. Available: https://energy-efficient-products.ec.europa.eu/product-list/light-sources_en. [Acedido em 28 Dezembro 2024].
- [16] U. N. I. f. T. a. Research, “The global E-waste Monitor 2024 – Electronic Waste Rising Five Times Faster than Documented E-waste Recycling: UN,” United Nations, 2024. [Online]. Available: <https://ewastemonitor.info/the-global-e-waste-monitor-2024/>. [Acedido em 28 Dezembro 2024].
- [17] L. Boehlé, F. Callioni, N. Howarth, M. Isik, S. Lachmann, J. Miller, C. N. Businge e F. Voswinkel, “Energy Efficiency 2024,” Agência Internacional de Energia, 2024.
- [18] U. Europeia, “Regulamento - UE - 2024/1781 - EN - EUR-Lex,” 13 Junho 2024. [Online]. Available: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/?uri=CELEX%3A32024R1781>. [Acedido em 28 Dezembro 2024].
- [19] U. Europeia, “Diretiva - 2009/125 - EN - EUR-Lex,” 31 Outubro 2009. [Online]. Available: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32009L0125>. [Acedido em 28 Dezembro 2024].

- [20] Z. Zhang e Y. Yin, "Artificial intelligence applications in the electrical industry: A review," *Energy Reports*, 2020.
- [21] E. E. Agency, "Transport and environment report 2022," 2022.
- [22] D. Baviskar, A. Chattaraj e A. Patil, "Consumer Behaviour and Sustainable Product Choices: Insights from Visual Trends," em *International Conference on Renewable Energy, Green Computing and Sustainable Development*, Hyderabad, 2023.
- [23] L. A. Sihombing, S. Suharno, K. Kuleh e T. Hidayati, "The Effect of Price and Product Quality on Consumer Purchasing Decisions through Brand Image," *International Journal of Finance, Economics and Business*, vol. 2, nº 1, pp. 44-60, 2023.
- [24] M. Khan, "The Importance of Real-Time Inventory Management in Modern Business," Meteor Space, 4 Novembro 2024. [Online]. Available: <https://www.meteorspace.com/2024/11/04/the-importance-of-real-time-inventory-management-in-modern-business/>. [Acedido em 22 Janeiro 2025].
- [25] E. Marketing, "New Epsilon research indicates 80% of consumers are more likely to make a purchase when brands offer personalized experiences," Epsilon, 9 Janeiro 2018. [Online]. Available: <https://www.epsilon.com/us/about-us/pressroom/new-epsilon-research-indicates-80-of-consumers-are-more-likely-to-make-a-purchase-when-brands-offer-personalized-experiences>. [Acedido em 21 Janeiro 2025].
- [26] N. Darya, "10 E-commerce Challenges and Ways to Overcome Them," Solve It, 2 Março 2023. [Online]. Available: <https://solveit.dev/blog/e-commerce-challenges>. [Acedido em 21 Janeiro 2025].
- [27] K. A. Hule, S. A. Lokhande, P. R. Sonawane, A. P. Sathe, M. B. Lonare e A. Chitari, "AI-driven Personalization in E-commerce Platforms," *Nanotechnology Perceptions*, vol. 20, nº 7, pp. 1951-1961, 2024.
- [28] A. Valencia-Arias, H. Uribe-Bedoya, J. D. González-Ruiz, G. S. Santos, E. C. Ramírez e E. M. Rojas, "Artificial intelligence and recommender systems in e-commerce. Trends and research agenda," *Intelligent Systems with Applications*, vol. 24, 2024.
- [29] H. Yuan e A. A. Hernandez, "User Cold Start Problem in Recommendation Systems: A Systematic Review," *IEEE Access*, 2023.
- [30] H.-S. Le, T.-V. H. Do, M. H. Nguyen, H.-A. Tran, T.-T. T. Pham, N. T. Nguyen e V.-H. Nguyen, "Predictive model for customer satisfaction analytics in E-commerce sector using machine learning and deep learning," *International Journal of Information Management Data Insights*, vol. 4, nº 2, 7 Outubro 2024.

- [31] O. R. Amosu, P. Kumar, A. Fadina, Y. M. Ogunsuji, S. Oni e K. Adetula, "Harnessing real-time data analytics for strategic customer insights in e-commerce," *World Journal of Advanced Research and Reviews*, vol. 23, nº 2, p. 880–889, 2024.
- [32] P. Liu, "Optimizing E-commerce Operational Efficiency and Customer Experience Through Data Analytics and Technological Innovation," *EWA Publishing*, pp. 14-19, Julho 2024.
- [33] B. Beal, "CRM vs ERP: What's the Difference?," NetSuite, 30 Junho 2022. [Online]. Available: <https://www.netsuite.com/portal/resource/articles/erp/erp-vs-crm.shtml>. [Acedido em 20 Janeiro 2025].
- [34] D. Chehal, P. Gupta, P. Gulati e T. Gupta, "Comparative Study of Missing Value Imputation Techniques on E-Commerce Product Ratings," *Informatica A*, vol. 47, nº 3, pp. 373-382, 2023.
- [35] M. Zhao, D. Choudhary, D. Tyagi, A. Somani, M. Kaplan, S.-H. Lin, S. Pumma, J. Park, A. Basant, N. Agarwal, C.-J. Wu e C. Kozyrakis, "RecD: Deduplication for End-to-End Deep Learning Recommendation Model Training Infrastructure," em *Sixth Conference on Machine Learning and Systems*, Miami Beach, 2023.
- [36] B. Jiang e T. Zou, "Online Retail Platform, Consumer Search, and Filtering," *Journal of Marketing Research*, vol. 57, nº 5, pp. 900-916, 2020.
- [37] L. Pradhan, L. Yu, B. Li, V. Simhadri e J. Singarayar, "Dynamic Filter Discovery and Ranking Framework for Search and Browse Experiences in E-Commerce," *CEUR Workshop Proceedings*, 2023.
- [38] A. Shetty, "Chatbots vs. virtual assistants – What's the difference?," yellow.ai, 4 Agosto 2024. [Online]. Available: <https://yellow.ai/blog/chatbots-vs-virtual-assistants/#:~:text=Virtual%20assistants%20and%20chatbots%20might,emotional%20artificial%20intelligence%20and%20NLU..> [Acedido em 21 Janeiro 2025].
- [39] B. E. Bakkouri, S. Raki e T. Belgnaoui, "The Role of Chatbots in Enhancing Customer Experience: Literature Review," *Procedia Computer Science*, vol. 203, pp. 432-437, 2022.
- [40] EU-Startups, "Matmatch," EU-Startups, 20 Setembro 2024. [Online]. Available: <https://www.eu-startups.com/directory/matmatch/>. [Acedido em 25 Junho 2025].
- [41] Ansys, "Ansys Granta Selector | Materials Selection Software," 10 Novembro 2024. [Online]. Available: <https://www.ansys.com/products/materials/granta-selector>. [Acedido em 10 Junho 2025].

- [42] Zoovu, "Zoovu: AI Search & Product Discovery," 6 Junho 2011. [Online]. Available: <https://zoovu.com/>. [Acedido em 25 Junho 2025].
- [43] Amazon Web Services, "O que é SMTP?," Amazon Web Services, 29 Setembro 2024. [Online]. Available: <https://aws.amazon.com/pt/what-is/smtp/>. [Acedido em 6 Junho 2025].
- [44] B. Andrus, "O Que São Variáveis de Ambiente: Um Guia Completo Para Iniciantes," DreamHost, 29 Março 2024. [Online]. Available: <https://www.dreamhost.com/blog/pt/variaveis-de-ambiente/>. [Acedido em 11 Junho 2025].
- [45] A. Spasojevic, "O que é um arquivo de configuração?," phoenixNAP, 24 Abril 2024. [Online]. Available: <https://phoenixnap.pt/gloss%C3%A1rio/arquivo-de-configura%C3%A7%C3%A3o>. [Acedido em 11 Junho 2025].
- [46] "Electric Construction Equipment Market Size, Share & Industry Analysis, By Type (Excavators, Loaders, Cranes, Dozers, and Others), By Battery Type (Lithium Ion, Lead Acid, and Others), By Application (Construction, Mining, Material Handling, and Others),," Fortune Business Insights, 2023.

DECLARAÇÃO DE INTEGRIDADE

DECLARAÇÃO DE INTEGRIDADE

Declaro ter conduzido este trabalho académico com integridade. Não plagiei ou apliquei qualquer forma de uso indevido de informações ou falsificação de resultados ao longo do processo que levou à sua elaboração.

Declaro que o trabalho apresentado neste documento é original e de minha autoria, não tendo sido utilizado anteriormente para nenhum outro fim.

Declaro ainda que tenho pleno conhecimento do Código de Conduta Ética do P.PORTO.

ISEP, Porto, 4 de Julho de 2025

Pedro Miguel Gonçalves Moreira