
Inteligência Artificial - contributo para os ESG: O caso da RAR Açúcar

Beatriz Germano Henriques¹, Beatriz Rodrigues Matos¹, Leticia Afonso Lourenço¹,
Manuel Au-Yong-Oliveira²

¹ Departamento de Economia, Gestão, Engenharia Industrial e Turismo, Universidade de Aveiro, Campus Universitário de Santiago, 3810-193 Aveiro, Portugal; beatrizghenriques@ua.pt; beatrizrmatos@ua.pt; leticialourenco@ua.pt

² INESC TEC, Porto, Portugal; GOVCOPP, DEGEIT, Universidade de Aveiro, Aveiro, Portugal; mao@ua.pt

Resumo

O nosso estudo analisa a integração da Inteligência Artificial (IA) como contributo para as práticas ESG (Environmental, Social and Governance). Através de uma investigação, de carácter qualitativo e exploratório, baseada em entrevistas e análise de campo, seguida da análise dos dados recolhidos e do conteúdo, incidimos sobre o caso de estudo da RAR Açúcar, uma empresa de referência no setor agroalimentar português. Dentro das informações recolhidas e analisadas, podemos concluir alguns problemas e possíveis soluções de resposta, entre elas destacam-se: (1) Otimização da rastreabilidade da cadeia de abastecimento com recurso a IA e blockchain; (2) Implementação de um sistema de inteligência artificial, voltado para duas dimensões críticas da gestão de fornecedores, para garantir práticas de responsabilidade social na cadeia de fornecimento e otimizar o processo de aprovisionamento; (3) Adaptação e eventual implementação da plataforma SATO ao ambiente industrial da RAR Açúcar, de forma a melhorar a eficiência energética das instalações industriais. Apesar de a empresa ainda se encontrar numa fase embrionária de transformação tecnológica, demonstra abertura à inovação e compromisso com a sustentabilidade. O nosso estudo pretende revelar o potencial da IA para apoiar práticas empresariais mais sustentáveis, eficientes e éticas. Será necessário, posteriormente, a realização de futuras investigações, em diferentes setores, para validação e aprofundamento das conclusões.

Keywords: ESG; Inteligência Artificial; Otimização; Eficiência energética; RAR Açúcar

Abstract

Our study analyzes the integration of Artificial Intelligence (AI) as a contribution to ESG (Environmental, Social and Governance) practices. Through qualitative and exploratory research, based on interviews and field analysis, followed by data and content analysis, we focused on the case study of RAR Açúcar, a benchmark company in the portuguese agri-food sector. From the information gathered and analysed, we can conclude some problems and possible solutions, including: (1) Optimizing supply chain traceability using AI and blockchain; (2) Implementing an artificial intelligence system focused on two critical dimensions of supplier management, to guarantee social responsibility practices in the supply chain and optimize the procurement process; (3) Adapting and eventually implementing the SATO platform in RAR Açúcar's industrial environment, in order to improve the energy efficiency of industrial facilities. Although the company is still at an embryonic stage of technological transformation, it demonstrates an openness to innovation and a commitment to 2 sustainability. Our study aims to reveal the potential of AI to support more sustainable, efficient and ethical business practices. Future research in different sectors will be necessary to validate and deepen the conclusions.

Keywords: ESG; Artificial Intelligence; Optimization; Energy efficiency; RAR Açúcar

1. INTRODUÇÃO

A presente investigação é orientada pelo tema “Inteligência Artificial: contributo para o ESG”, inserindo-se numa reflexão atual e necessária sobre o papel das tecnologias emergentes na promoção da sustentabilidade. Este trabalho está alinhado com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável das Nações Unidas (ODS), em especial com aqueles que promovem a inovação, a ação climática, a igualdade e a governança transparente e ética (BCSD Portugal., 2025). Nesse sentido, torna-se essencial compreender de que forma a Inteligência Artificial (IA) pode contribuir ativamente para o avanço dos pilares ESG.

Vivemos numa era marcada pela transição digital e ecológica, na qual a tecnologia assume um papel transformador nas dinâmicas sociais e empresariais. A integração estratégica de tecnologias emergentes, como a IA, nos modelos de negócio sustentáveis é, não só desejável, como inevitável (Au-Yong-Oliveira e Sousa, 2022). A IA tem revolucionado processos organizacionais, uma vez que se trata de uma ferramenta fundamental na análise de dados, na monitorização ambiental, na rastreabilidade de cadeias de abastecimento e na promoção de práticas de governança ética.

O presente estudo procura avaliar o impacto da Inteligência Artificial na integração de práticas ESG numa organização portuguesa do setor agroalimentar — a RAR Açúcar. A investigação visa compreender o grau de maturidade tecnológica da empresa, bem como identificar oportunidades de aplicação de IA que contribuam para práticas mais sustentáveis, justas e inovadoras. Através de uma abordagem qualitativa, com base em entrevistas e observações em campo, este estudo pretende dar resposta à seguinte questão de investigação: “De que modo pode, a RAR Açúcar, incorporar Inteligência Artificial, de forma a tornar-se mais sustentável e inclusiva, em consonância com os pilares ESG?”.

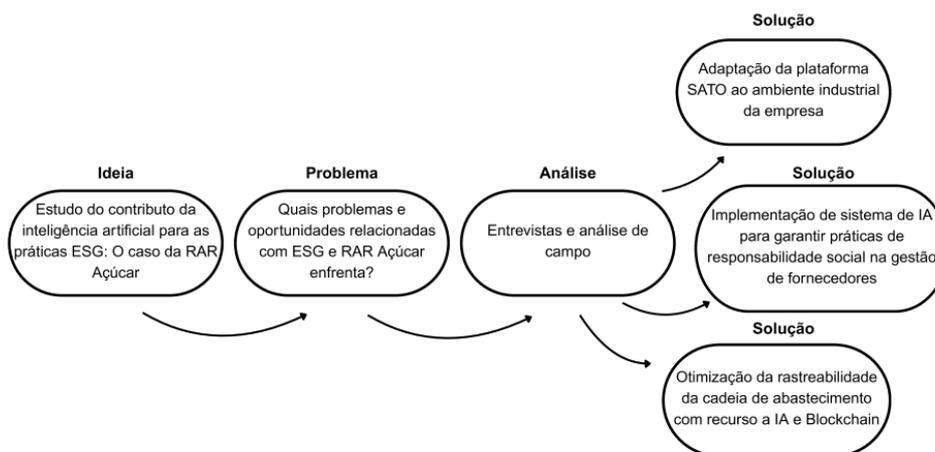


Figura 1 – Figura-resumo do trabalho

2. CONTEXTUALIZAÇÃO DO PROBLEMA

2.1. ESG

Os ESG surgem como um conjunto de critérios usados para avaliar o impacto sustentável e ético das empresas (Rau, P.R. & Yu, T., 2024). Consistem em três pilares: ambiental, social e governança corporativa. O pilar ambiental, mede os esforços de uma empresa na conservação do mundo natural, através do combate às alterações climáticas, da redução das emissões de carbono, da gestão da poluição e resíduos produzidos durante o processo de produção, da utilização eficiente da energia e água, prestando atenção à desflorestação e à biodiversidade (Rau, P.R. & Yu, T., 2024). O pilar social, reflete a consideração que a empresa tem relativamente às pessoas e às relações. Inclui a satisfação do cliente, a manutenção da proteção e da privacidade dos dados, a consideração do género e da diversidade, o empenhamento dos trabalhadores, as relações com a comunidade e os direitos humanos e as normas laborais (Rau, P.R. & Yu, T., 2024). O pilar da governança abrange as normas de gestão de uma empresa: a composição do conselho de administração e a

estrutura do comité de auditoria, a prevenção do suborno e da corrupção, a política de remuneração de executivos, contribuições políticas e sistemas de denúncia de irregularidades (Rau, P.R. & Yu, T., 2024).

2.2. INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

A Inteligência Artificial pode ser classificada de duas formas distintas: com base no tipo de inteligência que exhibe (cognitiva, emocional e social) ou com base no seu grau de evolução (estreita, geral e superinteligente). Esta última abordagem tem sido amplamente adotada para caracterizar a maturidade dos sistemas de IA (Dionísio et al., 2024).

A IA estreita é capaz de executar tarefas específicas dentro de um conjunto limitado de condições. Este tipo de inteligência está amplamente difundido no dia a dia, com particular impacto na área do marketing. A sua utilização permite, por exemplo, a personalização de conteúdos ou a implementação de chatbots para interações automatizadas com consumidores (Dionísio et al., 2024).

Por sua vez, a IA geral, baseia-se num conjunto robusto de algoritmos e modelos, nomeadamente os modelos discriminativos, que transformam dados de entrada em representações internas complexas, e os modelos generativos, que permitem comportamentos probabilísticos e criativos, apresentando respostas variadas mesmo perante o mesmo estímulo (Dionísio et al., 2024).

2.3. RELAÇÃO ENTRE IA E ESG

O avanço rápido da Inteligência Artificial, aliado a uma crescente preocupação com a sustentabilidade e com as práticas ESG tem vindo a suscitar interesse relativamente à possível relação que estes dois temas possam ter.

A integração de tecnologias de IA apresenta oportunidades substanciais para aprimorar as iniciativas ESG organizacionais (Zhang, C., & Yang, J., 2024). A análise avançada da IA poderá fortalecer as capacidades de monitoramento ambiental e otimizar a alocação de recursos, enquanto os sistemas de gestão inteligente, têm a capacidade de promover a diversidade no local de trabalho e a satisfação dos funcionários (Zhang, C., & Yang, J., 2024). Além disso, a implementação de IA dentro de estruturas de governança poderá contribuir para a transparência organizacional e elevar a eficácia da tomada de decisão (Zhang, C., & Yang, J., 2024).

Portugal encontra-se a investir na IA para impulsionar a competitividade, transformar setores estratégicos e promover a sustentabilidade económica e social. A nova Agenda Nacional de Inteligência Artificial visa criar um ecossistema robusto de IA em Portugal (Compete 2030, 2025). Este plano ambicioso, promove a adoção responsável da IA em todos os setores, alinhando-se com os princípios éticos da União Europeia (Compete 2030, 2025).

Algumas empresas já estão a explorar e a colocar em prática todos estes benefícios da implementação da IA, nomeadamente nas práticas ESG. Para além de aumentarem a eficiência e reduzirem custos, encontram-se a explorar práticas de sustentabilidade, ajudando a criar um futuro mais verde e ético.

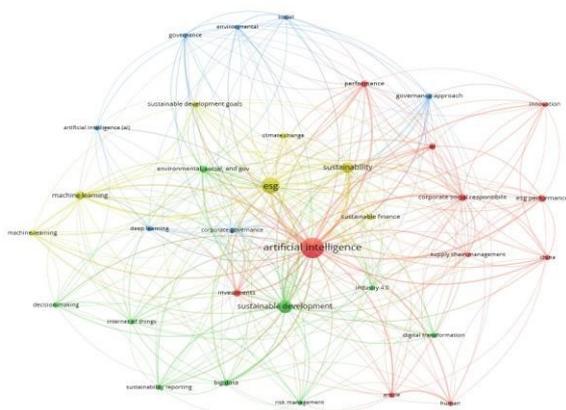
3. REVISÃO DE LITERATURA

Com o objetivo de orientar a definição do foco da investigação e garantir relevância temática, começámos por realizar uma análise bibliométrica. Esta análise trata-se de uma ferramenta poderosa para estudar uma área de investigação específica, uma vez que analisa citações, distribuições geográficas, co-citações e frequência de palavras (Gallego-Losada et al., 2022).

A revisão consistiu, numa primeira fase, numa pesquisa de palavras-chave na literatura, com foco em artigos científicos do banco de dados Scopus. A escolha do Scopus deveu-se à sua reputação como uma das bases de dados revistas por pares mais abrangentes do mundo, garantindo acesso a pesquisas de alta qualidade (Faria, L. da C., 2024). As palavras-chave inseridas na barra de pesquisa do Scopus foram "Artificial" e "Intelligence" e "ESG", uma vez que se tratam dos conceitos teóricos que serão aplicados no âmbito do tema proposto. A investigação foi conduzida nos campos "título", "resumo" e "palavras-chave" e foi realizada a 12 de março de 2025, sem limitações de data de publicação, resultando num total de 273 documentos. A análise dos dados foi realizada com recurso ao software VOSviewer, especialmente útil para apresentar mapas bibliométricos de

grandes dimensões, de uma forma fácil de interpretar (Van Eck, N.J. & Waltman, L., 2010). Consistiu na análise de palavras-chave para criar mapas temáticos que destacam as áreas de pesquisa no contexto dos pilares ESG e da Inteligência Artificial. Foram usadas as palavras-chave que apareceram mais de oito vezes na base de dados do Scopus, resultando em 34 termos. Os termos mais comuns foram “artificial intelligence”, “esg” e “sustainable development” que apareceram 138, 85 e 54 vezes, respetivamente. Assim, obtivemos a visualização de rede com palavras-chave dos autores (Figura 2).

Figura 2 - Visualização de rede com palavras-chave dos autores, com recurso ao VOSViewer



De seguida, restringimos a nossa pesquisa no Scopus para as palavras-chave “Artificial” e “Intelligence” e “ESG” e “Corporate sustainability”, resultando em 14 publicações. Dessas 14, apenas considerámos relevantes para o nosso estudo 5 publicações. A Tabela 1 resume os resultados desta pesquisa feita na Scopus (título do artigo, os seus autores e o ano de publicação, assim como o contributo inovador do artigo).

Tabela 1 - Detalhes sobre os artigos da Scopus com a pesquisa “Artificial” e “Intelligence” e “ESG” e “Corporate sustainability”

Título	Autores e ano	Contributo inovador
Artificial intelligence and corporate ESG performance	Li, J., Wu, T., Hu, B., Pan, D., & Zhou, Y. - 2025	"AI can optimize resource use, improve workplace safety, and enhance governance through transparency, challenges such as data limitations, infrastructure gaps, and ethical issues may hinder its impact."
Sustainable Development and Corporate Profitability: Data Mining Approach	Khatami, H., Abdolvand, N., Homayoun, S., & Harandi, S. R. - 2025	"With the expansion of business activities around the world and the importance of sustainability in various fields, corporate sustainability has become a strategic imperative for management plans and investment decision."
Artificial intelligence and corporate ESG performance	Zhang, C., & Yang, J. - 2024	"AI adoption significantly enhances environmental and social performance, while showing limited impact on governance aspects." "AI enhances ESG performance both directly and indirectly by improving firms' ability to assimilate and apply sustainability knowledge."
AI and Corporate Sustainability: Exploring the Environmental and Social Impacts of AI Integration	Nosirov, I., Yormatov, I., Yuldasheva, N., & Avulchayeva, F. - 2024	"The integration of Artificial Intelligence (AI) within corporate sectors has ushered in a transformative era for sustainability practices, redefining environmental and social governance (ESG) strategies." "By leveraging diverse AI technologies such as machine learning, natural language processing, and robotics, companies can enhance their sustainability efforts through

Título	Autores e ano	Contributo inovador
		improved efficiency, reduced waste, and innovative solutions to complex environmental problems."
Sustainable solutions: Advancing in Tech-based ESG reporting platforms	Markova-Karpuzova, M., Marinov, E., & Kotzev, N. – 2024	"advancements in Environmental, Social, and Governance (ESG) reporting processes have led to the emergence of tech-based platforms, leveraging artificial intelligence (AI), to streamline data gathering and compliance efforts among EU companies." "these platforms offer benefits such as improved efficiency and enhanced stakeholder engagement."

Uma análise da Tabela 1 revela que a adoção da IA por parte das empresas tem vindo a demonstrar um impacto significativo na forma como estas abordam os pilares ESG. Esta análise permite-nos concluir que a utilização da IA contribui para a promoção de práticas mais transparentes, eficientes e orientadas para a sustentabilidade corporativa.

Pesquisas indicam que a IA tem a capacidade de aumentar significativamente a performance dos ESG. Não apenas a IA, mas a própria resiliência organizacional contribui positivamente para este impacto, sobretudo nos setores com maior intensidade tecnológica (Li et al., 2025). A partir de uma perspetiva baseada em recursos (RBV), a vantagem competitiva sustentável emerge da utilização estratégica de recursos valiosos, raros, inimitáveis e não substituíveis (VRIN) por parte das empresas (Li et al., 2025) propõem que, quanto mais desenvolvidas forem as capacidades de IA de uma organização, melhores serão os seus resultados em matéria de ESG, comparativamente com empresas que se encontram em fases menos avançadas. Esta perspetiva reforça, assim, o papel estratégico da IA na criação de soluções sustentáveis.

À medida que a tecnologia evolui a um ritmo acelerado, torna-se imperativo compreender o impacto da IA no desempenho ESG, incluindo no domínio da sustentabilidade corporativa. Uma estrutura de governação sólida revela-se essencial para a promoção de práticas sustentáveis. A título de exemplo, a independência do conselho de administração, associa-se positivamente às pontuações ESG (Khatami et al., 2025). Do mesmo modo, a participação acionista por parte da administração traduz-se numa influência positiva, sugerindo um alinhamento entre os interesses da gestão e os objetivos sustentáveis de longo prazo da organização (Khatami et al., 2025).

Respetivamente à vertente social, um dos contributos mais relevantes da IA é a promoção do comércio justo e ético, que proporciona aos consumidores visibilidade sobre a origem e o percurso dos produtos. Atualmente, a aplicação combinada de tecnologias de IA e Blockchain permite garantir a rastreabilidade da cadeia de abastecimento, desde a sua origem até ao consumidor final (Nosirov et al., 2024). Casos práticos demonstram que a implementação destes sistemas pode originar um aumento de 40% na confiança dos consumidores e um acréscimo de 25% nas vendas de produtos com origem ética. Ao disponibilizar esta informação aos consumidores e demais stakeholders, torna-se possível identificar comportamentos não éticos, promovendo, por conseguinte, escolhas de consumo mais conscientes (Nosirov et al., 2024).

Paralelamente, a IA também desempenha um papel relevante no desenvolvimento económico, nomeadamente ao identificar barreiras de entrada nos mercados. A sua aplicação em regiões em desenvolvimento conduziu a um aumento de 15% na penetração de mercado por parte das empresas, contribuindo para o fortalecimento do comércio local (Nosirov et al., 2024).

Num mundo marcado pela digitalização, observa-se hoje uma crescente adesão por parte das empresas à implementação de IA, machine learning e análise de big data nos processos de elaboração de relatórios ESG. Estas tecnologias têm sido fundamentais na automatização da recolha e análise de dados de sustentabilidade, bem como na criação de insights estratégicos que sustentam a tomada de decisões e promovem o envolvimento dos stakeholders (Markova-Karpuzova et al., 2024).

Neste seguimento, a integração da IA nestas plataformas permite identificar padrões, tendências e correlações nos dados ESG, facilitando às empresas a avaliação do seu desempenho e a identificação de áreas que necessitam de melhoria. Ao produzirem representações visuais, como painéis interativos, gráficos e tabelas, estas ferramentas simplificam a interpretação dos dados e favorecem uma comunicação mais clara e eficaz. Além disso, estas plataformas oferecem modelos de relatórios personalizáveis, assegurando consistência e comparabilidade entre relatórios. Tal permite às organizações adaptar a apresentação dos seus resultados às exigências dos diferentes públicos-alvo (Markova-Karpuzova et al., 2024).

Em virtude da análise bibliométrica realizada, foi possível estabelecer uma visão clara das áreas de pesquisa relevantes no contexto do nosso trabalho, o que forneceu um ponto de partida sólido para a investigação subsequente.

4. METODOLOGIA E RESULTADOS

O presente estudo tem como objetivo principal explorar e propor formas eficazes de integrar a Inteligência Artificial nas estratégias e processos empresariais, de forma a promover um futuro mais sustentável e inclusivo. Pretendemos identificar como a IA pode ser aplicada, de modo a potencializar o alinhamento das empresas com os critérios ESG, superando os desafios existentes. Através desta abordagem, procuramos contribuir para a melhoria do desempenho corporativo e para a criação de valor ambiental, social e económico. O problema que nos propomos a resolver consiste na crescente necessidade de integração de tecnologias inovadoras, nas estratégias empresariais, de acordo com os pilares ESG. Embora as empresas estejam cada vez mais conscientes da importância da sustentabilidade, muitas ainda enfrentam desafios em alinhar as suas práticas operacionais aos objetivos ambientais, sociais e de governança. A implementação da IA ainda enfrenta barreiras, como a falta de conhecimento sobre as suas reais potencialidades e a resistência a mudanças, além da necessidade de adaptar processos e sistemas existentes.

Optámos por recorrer a um caso de estudo, pois proporciona informação sobre os comportamentos e valores que caracterizam o contexto investigado. Sendo assim, uma vez que o nosso objetivo não é procurar explicações causais, utilizar grandes amostras, nem realizar análises estatísticas complexas, considerámos a utilização de um caso de estudo essencial para analisar com rigor científico os acontecimentos que têm lugar num contexto social dinâmico (Delgado, P., 2019). O caso de estudo selecionado para análise foi a RAR Açúcar, uma referência no setor agroalimentar nacional, que demonstra um crescente compromisso com práticas sustentáveis e de inovação. O estudo de caso da RAR Açúcar foi desenvolvido através de uma abordagem metodológica qualitativa, pois desempenha um papel importante na geração de conhecimento, uma vez que permite que os pesquisadores questionem as suposições subjacentes às teorias existentes e se envolvam na geração de teorias indutivas (Dunwoodie, K., Macaulay, L., & Newman, A., 2023). A metodologia realizada foi de natureza exploratória e interpretativa. As pesquisas exploratórias têm como principal finalidade desenvolver, esclarecer e modificar conceitos e ideias, tendo em vista a formulação de problemas mais precisos ou hipóteses pesquisáveis para estudos posteriores (Gil, A. C., 2008). Já a pesquisa interpretativa concentra-se na complexidade do ser humano e dos fenómenos, procurando entendê-los dentro de um determinado contexto (Pozzebon, M., & Petrini, M., 2013). Focámo-nos, assim, na compreensão profunda de fenómenos contemporâneos e emergentes, como a integração da Inteligência Artificial (IA) nas práticas empresariais sustentáveis. Em suma, a pesquisa exploratória permitiu analisar o contexto atual da RAR Açúcar, enquanto a vertente interpretativa possibilitou a análise de entrevistas e observações realizadas em campo. Deste modo, a questão à qual pretendemos responder com o nosso estudo é: “De que modo pode, a RAR Açúcar, incorporar Inteligência Artificial, de forma a tornar-se mais sustentável e inclusiva, em consonância com os pilares ESG?”

O nosso estudo acerca da RAR Açúcar iniciou-se com uma pesquisa online sobre a empresa. Verificou-se, no entanto, que a organização adota uma política de comunicação discreta, especialmente no que respeita à divulgação de práticas internas relacionadas com ESG e inovação tecnológica. Neste contexto, com o apoio do professor Manuel Luís Au-Yong Oliveira, responsável pela unidade curricular Gestão de Marketing, contactámos diretamente o Diretor de Transformação da RAR Açúcar, Hugo Fernandes. Assim, de modo a conseguirmos obter mais informação acerca da empresa, optámos por realizar uma entrevista por escrito, via

email, uma vez que entrevistas qualitativas foram destacadas como sendo de grande utilidade para os profissionais, pois fornecem uma compreensão mais aprofundada do fenómeno em questão e *insights* mais abrangentes e acionáveis (Dunwoodie, K., Macaulay, L., & Newman, A., 2023). Como consequência desta entrevista, fomos convidados por Hugo Fernandes a visitar as instalações da RAR Açúcar. Deste modo, utilizámos a técnica de observação em campo com o propósito de elaborar, após cada sessão de observação, descrições qualitativas, de tipo narrativo, que permitiram obter informação relevante para a investigação em causa como, por exemplo, a formulação de hipóteses de investigação (Mónico et al., 2017). A visita teve início numa sala de reuniões da empresa, com o objetivo de assistirmos a uma sessão de apresentação, realizada por Hugo Fernandes, sobre a RAR Açúcar. Esta conversa, permitiu a exposição de números reais, assim como alguns problemas já conhecidos pela empresa. Posteriormente, juntamente com os membros da sua equipa de trabalho, Carla Varzim e Luís Sobral, prosseguiu com uma visita às instalações da fábrica. Aqui, tivemos a oportunidade de visualizar o processo produtivo e alguns dos problemas identificados anteriormente na apresentação. Para concluir, entrevistámos presencialmente a engenheira ambiental e um dos membros da equipa de transformação, Cármen Vasconcelos e Luís Sobral, o que nos permitiu debater algumas sugestões de soluções que algumas empresas já apresentam na implementação de IA nos pilares ESG.

Por fim, com o objetivo de obter conclusões para o nosso estudo, analisámos os dados recolhidos. No universo das pesquisas qualitativas, a escolha de método e técnicas para a análise de dados, deve obrigatoriamente proporcionar um olhar multifacetado sobre a totalidade dos dados recolhidos no período de coleta. Um método muito utilizado na análise de dados qualitativos é o de análise de conteúdo (Campos, C. J. G., 2004), que, no nosso caso, permitiu identificar padrões e significados emergentes a partir das entrevistas e observações realizadas.

4.1. ENTREVISTA A HUGO FERNANDES

Foi realizada uma entrevista remota, via email, com Hugo Fernandes, CTO da RAR Açúcar, no dia 27 de março de 2025, com o objetivo de compreender as práticas ESG da empresa e o uso (ou não) de Inteligência Artificial (IA). Fernandes confirmou que a RAR Açúcar ainda não utiliza IA, embora existam planos para o fazer através do departamento de engenharia de processo. Atualmente, os processos são muito manuais, e será necessário primeiro avançar na instrumentação e recolha de dados para depois aplicar soluções de IA.

Quanto às práticas ESG, a empresa afirmou estar alinhada com a Agenda 2030 e os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), focando-se na redução da pegada carbónica, uso de fontes alternativas de água, reforço da segurança laboral, certificações de responsabilidade social e práticas sustentáveis na cadeia de fornecimento.

Sobre a rastreabilidade, foi referido que a cana-de-açúcar provém maioritariamente do Brasil e de Cuba. Existe interesse em aplicar IA para melhorar o rastreio da cadeia de abastecimento, embora essa identificação ainda esteja numa fase inicial.

Quanto ao impacto ambiental, a RAR Açúcar investiu mais de 6 milhões de euros em eficiência energética, adotou medidas para descarbonização, otimização do uso de água e recuperação da água da chuva. No entanto, não há garantias de sustentabilidade na produção da cana nos países de origem, nem programas sociais ou ambientais implementados nessas comunidades.

4.2. ENTREVISTA A CÁRMEN VASCONCELOS E LUÍS SOBRAL

No âmbito do estudo, foi realizada uma entrevista com Cármen Vasconcelos e Luís Sobral, responsáveis pela sustentabilidade e transformação da RAR Açúcar, com o objetivo de aprofundar o conhecimento sobre práticas sustentáveis e explorar o potencial da Inteligência Artificial (IA) nos pilares ESG. A conversa, apoiada por informações anteriores e por uma visita à fábrica, revelou o atual estágio da empresa na integração da sustentabilidade e a sua abertura à adoção de novas tecnologias.

Foi destacada a parceria com a GRACE, que reforça o alinhamento com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da ONU. Em relação à IA, a empresa demonstrou interesse na rastreabilidade da cadeia de abastecimento, mencionando o objetivo de implementar Blockchain até 2030. Apesar de ainda não existir mapeamento completo, a empresa reconhece a importância de estender as práticas sustentáveis à origem da

matéria-prima, como a cana-de-açúcar, e mostra abertura a soluções como as da Syngenta para promover práticas agrícolas responsáveis.

A RAR Açúcar tem também procurado parcerias externas para fomentar a inovação. Um dos projetos em curso, em colaboração com o INEGI, visa valorizar subprodutos industriais como as lamas de carbonatação, promovendo a economia circular. Simultaneamente, a empresa está a desenvolver um plano estratégico de sustentabilidade com metas até 2030, contando com apoio especializado, embora ainda sem colaborações formais com universidades ou startups.

Foi ainda discutido o interesse no Projeto SATO, uma iniciativa europeia que usa IA e cloud computing para otimização energética, com potencial adaptação ao setor industrial. Em termos sociais, a IA foi considerada útil na análise de riscos associados a fornecedores, ajudando a detetar práticas abusivas, como trabalho infantil, com base em fontes confiáveis.

Por fim, a empresa está a testar IA na linha de produção, através de um sistema automatizado de controlo de qualidade visual com câmaras, que identificam defeitos em embalagens. Esta tecnologia permitirá substituir inspeções manuais por um sistema inteligente, que aprende a reconhecer padrões e a tomar decisões, melhorando a eficiência do processo produtivo.

4.3. VISITA ÀS INSTALAÇÕES

Com base na visita à RAR Açúcar e conversas com os seus responsáveis, recolheram-se dados relevantes para este estudo. A unidade foi inicialmente projetada para produzir 75 toneladas por dia, mas a expansão faseada das instalações elevou essa capacidade para 650 toneladas diárias. Este crescimento gerou desafios operacionais, como transporte excessivo de materiais e instalações degradadas, embora estejam a ser feitas melhorias estruturais e de layout com o envolvimento direto da equipa.

A empresa é autossuficiente na produção de energia térmica e vende toda a energia gerada, mas consome eletricidade comprada externamente, o que representa um custo relevante. Apesar do elevado consumo, mantém um balanço energético positivo.

A nível competitivo, a RAR Açúcar tem sido afetada por políticas da UE que favorecem a produção de açúcar de beterraba, cultivada sobretudo em países como França, Alemanha e Países Baixos. Como utiliza cana-de-açúcar importada, principalmente do Brasil (90%), enfrenta custos acrescidos com transporte e taxas, o que compromete a competitividade e reduziu o seu papel de “price maker” para “price taker”, aumentando a pressão sobre as margens.

Além disso, o processo produtivo ainda depende fortemente do trabalho manual, o que limita a eficiência, aumenta o risco de erro humano e dificulta a recolha de dados em tempo real. A ausência de sistemas integrados bloqueia a automatização e a aplicação de tecnologias como a inteligência artificial. Ainda assim, a empresa tem vindo a adotar ferramentas de melhoria contínua para enfrentar estas limitações.

4.4. PRÁTICAS ATUAIS DE MELHORIA CONTÍNUA

A RAR Açúcar tem vindo a implementar melhorias relacionadas com a sustentabilidade e eficiência, incluindo a criação de um departamento de sustentabilidade. Uma das mudanças mais significativas foi a adoção de um horário laboral contínuo. Antes, a produção era interrompida entre semanas, o que causava perdas de recursos e desgaste nos equipamentos devido ao arrefecimento e reinício de fornos e turbinas. Com o novo regime, os equipamentos operam de forma ininterrupta, reduzindo o consumo energético e aumentando a eficiência e capacidade produtiva.

A empresa também utiliza ferramentas como o **OEE** (Overall Equipment Effectiveness) e o **VSM** (Value Stream Mapping) para melhorar a gestão da produção. O OEE permite avaliar a disponibilidade, performance e qualidade dos equipamentos, enquanto o VSM identifica desperdícios e ineficiências, ajudando a otimizar os fluxos produtivos.

Além disso, a RAR Açúcar tem investido em práticas de **economia circular**, como a valorização de resíduos, reutilização de subprodutos e otimização de recursos. Está igualmente a reforçar os seus relatórios de

sustentabilidade com indicadores ambientais e sociais, alinhados com os objetivos da empresa para 2030, demonstrando que é possível aliar eficiência operacional a uma gestão ambientalmente responsável.

4.5. ANÁLISE DA RAR AÇÚCAR

Num contexto empresarial altamente competitivo, a tomada de decisões estratégicas exige ferramentas como a análise SWOT e a análise PESTEL, que proporcionam uma visão integrada do ambiente interno e externo da organização. No caso da RAR Açúcar, estas ferramentas foram usadas para compreender melhor o seu posicionamento e orientar estratégias eficazes.

A análise PESTEL examinou seis dimensões macroambientais. No plano político, destaca-se o fim das quotas na UE, aumentando a concorrência, e a tributação de produtos açucarados em Portugal, exigindo reformulações. No aspeto económico, apesar da capacidade instalada de 160 mil toneladas anuais, há escassez de matéria-prima e perda de postos de trabalho. O imposto sobre bebidas açucaradas reduziu o consumo de produtos com alto teor de açúcar e alterou as preferências do consumidor.

Nos fatores socioculturais, há uma crescente consciencialização sobre os efeitos do açúcar na saúde, levando à procura de alternativas mais saudáveis. Tecnicamente, a empresa pode beneficiar de automação e digitalização para aumentar a competitividade e reduzir custos. Em termos ambientais, o uso intensivo de recursos e as alterações climáticas exigem práticas mais sustentáveis. No plano legal, a empresa deve cumprir normas rigorosas de rotulagem e qualidade, além de enfrentar pressões fiscais que influenciam a procura.

A análise SWOT permitiu identificar os pontos fortes, como a presença consolidada no mercado nacional e a capacidade produtiva. Contudo, enfrenta fraquezas como infraestruturas obsoletas, baixa integração ESG e forte dependência de matéria-prima importada. O consumo de açúcar per capita tem vindo a diminuir.

As oportunidades incluem modernização das infraestruturas, inovação em produtos saudáveis, práticas sustentáveis e expansão internacional. Já as ameaças incluem concorrência europeia fortemente subsidiada, políticas públicas para redução do consumo de açúcar e os efeitos das alterações climáticas na produção agrícola.

Em suma, a aplicação das análises PESTEL e SWOT ofereceu uma visão completa da situação da RAR Açúcar. Esta abordagem revelou oportunidades de crescimento através da inovação e sustentabilidade, mas também desafios que exigem planeamento estratégico contínuo, alinhado com as tendências do mercado e as exigências ESG, para garantir o sucesso e a criação de valor no longo prazo.

5. DISCUSSÃO – DESAFIOS E SOLUÇÕES PROPOSTAS

5.1. CADEIA DE ABASTECIMENTO – IDENTIFICAÇÃO EM FASE EMBRIONÁRIA

A sustentabilidade nas cadeias de abastecimento é hoje uma exigência estratégica, implicando a verificação de critérios ambientais, sociais e de governança (ESG). No caso da RAR Açúcar, a cadeia encontra-se numa fase inicial em termos de rastreabilidade e monitorização. A ausência de um sistema digital limita a transparência, dificulta decisões sustentáveis e compromete a conformidade com normas ESG — como o desconhecimento da origem das matérias-primas (ambiente), a falta de controlo sobre condições laborais (social) e a dificuldade em realizar auditorias (governança).

A tecnologia **Blockchain** pode resolver essas limitações, permitindo o registo seguro e imutável de dados ao longo da cadeia de abastecimento. Aplicada ao setor alimentar, garante rastreabilidade eficaz, protegendo a saúde pública ao identificar rapidamente a origem de produtos contaminados. Combinada com **Inteligência Artificial (IA)**, a blockchain permite o tratamento de grandes volumes de dados para análises preditivas e decisões automáticas, como a previsão de vendas e procura futura.

A proposta para a RAR Açúcar é implementar uma solução integrada de Blockchain e IA para digitalizar a cadeia de abastecimento, aumentar a eficiência e reforçar a imagem da empresa no cumprimento de objetivos ESG.

5.2. GARANTIR PRÁTICAS DE RESPONSABILIDADE SOCIAL NA CADEIA DE FORNECIMENTO E OTIMIZAR O PROCESSO DE APROVISIONAMENTO

A RAR Açúcar pretende garantir que os seus fornecedores não recorrem a práticas abusivas como o trabalho infantil ou a escravidão moderna, alinhando-se com as exigências de responsabilidade social e os critérios ESG em crescimento no setor europeu. Simultaneamente, a empresa quer melhorar os seus processos de compra de matérias-primas, otimizando custo e qualidade com base em dados de mercado.

Propõe-se uma solução com duas vertentes baseadas em **IA**:

1. **Due diligence social automatizada**, através de uma plataforma de vigilância digital inspirada no modelo DSCS, que usa PNL (Processamento de Linguagem Natural) para analisar notícias, relatórios e documentos oficiais, identificando riscos reputacionais e legais entre os fornecedores.
2. **Inteligência de compras**, com um motor de IA que automatiza o processamento de faturas, prevê preços e disponibilidade de matérias-primas e sugere decisões de aprovisionamento com base em dados externos e critérios ESG.

Estas duas componentes são interligadas e contribuem para maior transparência, competitividade e conformidade com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), promovendo uma cadeia de valor mais ética e resiliente.

5.3. MELHORAR A EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DAS INSTALAÇÕES INDUSTRIAIS

A recolha de dados energéticos na RAR Açúcar é ainda manual e baseada em estimativas, dificultando a deteção de desperdícios e a otimização do consumo. Propõe-se a adaptação do **Projeto SATO**, originalmente criado para edifícios residenciais, ao contexto industrial da empresa.

A proposta inclui:

- Adaptação dos sensores e protocolos industriais (como Modbus e OPC UA);
- Substituição do BIM por **gémeos digitais industriais**;
- Recalibração dos algoritmos de IA para ciclos e cargas industriais;
- Testes em unidades produtivas, à semelhança dos pilotos SATO.

A aplicação desta tecnologia permitirá monitorização energética em tempo real, sugestões automáticas de otimização e alinhamento com as metas de transição energética da UE. Isso reforça o compromisso da RAR Açúcar com a sustentabilidade e coloca-a na vanguarda da digitalização industrial.

6. CONCLUSÃO

A integração da sustentabilidade nos modelos de negócio tornou-se essencial, sendo a Inteligência Artificial (IA) uma ferramenta estratégica com grande potencial para melhorar práticas ESG. No caso da RAR Açúcar, a aplicação de IA pode potenciar a eficiência operacional e o cumprimento de objetivos ambientais, sociais e de governança.

Com base em entrevistas, visita à fábrica e pesquisa bibliográfica, foram propostas três soluções para a empresa:

Uso de Blockchain e IA para melhorar a rastreabilidade da cadeia de abastecimento, reforçando a eficiência e a conformidade ESG.

Sistema de IA com duas vertentes: (i) due diligence social automatizada via PNL para detetar riscos entre fornecedores e (ii) inteligência de compras baseada em análise preditiva de preços e desempenho ESG.

Adaptação da plataforma SATO para automatizar a monitorização energética em tempo real.

Durante o estudo, surgiram limitações: a empresa ainda está numa fase inicial de adoção da IA, o que impediu a análise de impactos reais. A comunicação discreta dificultou o acesso a dados detalhados, e a metodologia qualitativa, baseada numa única visita, limita a generalização dos resultados. Não foi possível contactar outras áreas ou stakeholders externos, restringindo a visão global.

As soluções propostas indicam caminhos para a transformação digital e sustentável da RAR Açúcar, reforçando a importância de investir em competências digitais, tecnologia e compromisso ESG. Estas mudanças podem gerar ganhos ambientais e sociais, criar empregos e melhorar a experiência dos colaboradores.

Sugerem-se ainda estudos futuros, dada a escassez de casos aplicados ao setor agroindustrial. Será essencial recolher evidência empírica mais robusta e explorar estratégias que reduzam os receios dos trabalhadores, como a desumanização e a perda de controlo. A transparência e o envolvimento humano nas decisões serão cruciais para promover a aceitação da IA.

Conclui-se que a IA, quando bem integrada, pode acelerar a transição ecológica e digital. Este estudo pode servir como base para investigações futuras mais amplas e aprofundadas.

AGRADECIMENTOS

Foi usado o chatGPT 4.0 para reduzir seções de texto para metade. Agradece-se à equipa da RAR Açúcar pela visita às suas instalações.

REFERÊNCIAS

- Au-Yong-Oliveira, M., & Sousa, M. J. (2022). *Sustainable Marketing and Strategy*. MDPI. Disponível em: <https://www.mdpi.com/books/reprint/5538-sustainable-marketing-and-strategy>
- BCSD Portugal. (2025). *ODS – Objetivos de Desenvolvimento Sustentável*. Disponível em: <https://ods.pt/>
- Campos, C. J. G. (2004). Método de análise de conteúdo: ferramenta para a análise de dados qualitativos no campo da saúde. *Revista Brasileira de Enfermagem*, 57(5), 611–614. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0034-71672004000500019SciELO Brasil>
- Compete 2030. (2025). *Portugal aposta em inteligência artificial para liderar inovação e sustentabilidade*. Disponível em: <https://www.compete2030.gov.pt/comunicacao/portugal-aposta-em-inteligencia-artificial-para-liderar-inovacao-e-sustentabilidade/>
- Delgado, P. (2019). O estudo de caso na investigação qualitativa: do desenho à aplicação. *InterAção*, 10(1), 1–18. DOI: <https://doi.org/10.5902/2357797536617>
- Dionísio, P., Rodrigues, V., Guerreiro, J., Canhoto, R., & Faria, H. (2024). *AI_Novator: Marketing na era da Inteligência Artificial e da Sustentabilidade*. Bertrand Editora.
- Dunwoodie, K., Macaulay, L., & Newman, A. (2023). Qualitative interviewing in the field of work and organisational psychology: Benefits, challenges and guidelines for researchers and reviewers. *Applied Psychology*, 72(2), 863–889. DOI: <https://doi.org/10.1111/apps.12414>
- Faria, L. da C. (2024). Planeamento da reforma e saúde: análise bibliométrica com recurso ao VOSviewer. *RIAGE – Revista Ibero-Americana de Gerontologia*, 5. DOI: <https://doi.org/10.61415/riage.251>
- Gallego-Losada, R., Montero-Navarro, A., Rodríguez-Sánchez, J.-L., & González-Torres, T. (2022). Retirement planning and financial literacy, at the crossroads: A bibliometric analysis. *Finance Research Letters*, 44, Article 102109. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.frl.2021.102109>
- Gil, A. C. (2008). *Métodos e técnicas de pesquisa social* (6ª ed.), São Paulo: Atlas, P. 27
- GRACE-Empresas Responsáveis. (2025). Disponível em: <https://grace.pt/>
- Grupo RAR. (2025). *História*. Disponível em: <https://www.rar.com/pt/historia/>
- Li, J., Wu, T., Hu, B., Pan, D., & Zhou, Y. (2025). Artificial intelligence and corporate ESG performance. *International Review of Financial Analysis*, 102, Article 104036. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.irfa.2025.104036>
- Markova-Karpuzova, M., Marinov, E., & Kotzev, N. (2024). Sustainable solutions: Advancing in tech-based ESG reporting platforms. *Vide.Technology.Resources– Environment, Technology, Resources*, 1, 235–241. DOI: <https://doi.org/10.17770/etr2024vol1.7947>

-
- Mónico, L. S., Alferes, V. R., Castro, P. A., & Parreira, P. M. (2017). A observação participante enquanto metodologia de investigação qualitativa. *Atas do 6.º Congresso Ibero-Americano em Investigação Qualitativa*, 3, 724–733.
- Nosirov, I., Yormatov, I., Yuldasheva, N., & Avulchayeva, F. (2024). AI and corporate sustainability: Exploring the environmental and social impacts of AI integration. In *Proceedings of the 2024 International Conference on Knowledge Engineering and Communication Systems (ICKECS 2024)*. IEEE. DOI: <https://doi.org/10.1109/ICKECS61492.2024.10617421>
- Pozzebon, M., & Petrini, M. (2013). Critérios para condução e avaliação de pesquisas qualitativas de natureza crítico-interpretativa. In A. R. W. Takahashi (Org.), *Pesquisa qualitativa em administração: Fundamentos, métodos e usos no Brasil* (pp. 51–72). São Paulo: Atlas.
- RAR Açúcar. (2025). *A RAR Açúcar*. Doce RAR. Disponível em: <https://docerar.pt/a-rar-acucar/>
- Rau, P.R. & Yu, T. (2024). A survey on ESG: Investors, institutions and firms. *China Finance Review International*, 14(1), 3–33. DOI: <https://doi.org/10.1108/CFRI-12-2022-0260>
- SATO. (2025). *The SATO project*. Disponível em: <https://www.sato-project.eu/the-project>
- SATO Project. (2025). *The SATO Project: Pilots*. Disponível em: <https://www.sato-project.eu/the-project>
- Sousa, M. J. (2024). *Artificial intelligence in agriculture: Revolutionizing methods and practices in Portugal* (GEE Paper n.º 180). Gabinete de Estratégia e Estudos, Ministério da Economia. Disponível em https://www.gee.gov.pt/pt/EstudosEconomicos/Lists/GeeDocumentosEstudosEconomicos/Attachments/383/GEE_Paper_180.pdf
- Syngenta. (2024). Syngenta Group adds cutting-edge generative artificial intelligence (GenAI) to Cropwise. Disponível em: <https://www.syngentagroup.com/newsroom/2024/syngenta-group-adds-cutting-edge-generative-artificial-intelligence-genai-cropwise-0>
- União Europeia. (2025). *Açúcar*. Comissão Europeia. Disponível em: https://agriculture.ec.europa.eu/farming/crop-productions-and-plant-based-products/sugar_pt
- Van Eck, N. J., & Waltman, L. (2010). Software survey: VOSviewer, a computer program for bibliometric mapping. *Scientometrics*. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11192-009-0146-3>
- Zhang, C., & Yang, J. (2024). Artificial intelligence and corporate ESG performance. *International Review of Economics and Finance*, 96, Article 103713. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.iref.2024.103713>
-