U.PORTO

MESTRADO
DESIGN INDUSTRIAL E DE PRODUTO

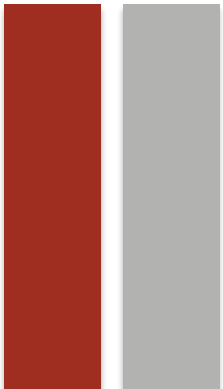
Design e vidro.

Desenvolvimento de artefactos com caráter autoral para a valorização de resíduos.

Catarina Silva Pinto

M

2025



U.PORTO

MESTRADO EM DESIGN INDUSTRIAL E DE PRODUTO
UNIVERSIDADE DO PORTO

O JÚRI

PRESIDENTE

Doutora Lígia Maria Pinto Lopes

PROFESSORA AUXILIAR DA FACULDADE DE BELAS ARTES DA UNIVERSIDADE DO PORTO

ORIENTADOR

Doutor Rui Jorge Leal Ferreira Mendonça da Fonseca

PROFESSOR ASSOCIADO CONVIDADO COM AGREGAÇÃO DA UNIVERSIDADE DE TRÁS OS MONTES E ALTO DOURO

ARGUENTE

Doutora Cecília Peixoto Carvalho

PROFESSORA AUXILIAR DA UNIVERSIDADE DE TRÁS OS MONTES E ALTO DOURO

20

21 NOVEMBRO 2025

MESTRE CATARINA FRANCISCA SILVA PINTO
MDIP/**183**

Universidade do Porto

Faculdade de Belas Artes

Faculdade de Engenharia

Mestrado

Design Industrial e de Produto

Design e vidro.

Desenvolvimento de artefactos com caráter autoral para a valorização de resíduos.

Catarina Silva Pinto

Orientador

Rui Mendonça

Coorientadoras

Teresa Almeida

Cláudia Lima

Porto, 2025

Nota prévia

O documento seguiu as normas do estilo bibliográfico APA 7th.

Agradecimentos

Obrigada a todos os que contribuíram para esta investigação e fizeram parte desta jornada.

Primeiramente, obrigada aos meus orientadores. Ao Professor Rui Mendonça, pelo empenho e rigor a guiar-me, à Professora Teresa Almeida, pela partilha de conhecimento e pela presença ao longo dos últimos anos, e à Professora Cláudia Lima, pela acessibilidade e confiança na investigação. Obrigada por todos os inputs e orientação exigente e assertiva. Obrigada, também, ao Professor Jorge Lino, pela ajuda nos acabamentos e detalhes nas peças.

Agradeço, igualmente, aos técnicos das Oficinas da FBAUP, à Daniela Ribeiro, pela disponibilidade e imenso apoio e compreensão, e ao Pedro Aguiar, pelo auxílio e pelo suor. Igualmente ao Alcides Rodrigues, pelas palavras certas nos momentos exatos.

Obrigada às entidades que visitei, com quem partilhei fases do projeto e que me disponibilizaram materiais, Vista Alegre Atlantis, BA Glass, Vidraria Central do Porto e Vidraria Armando. Também ao Simão Bolívar, por me ter solucionado o suporte para as peças.

Reconheço a ajuda da Cassandra Pereira e da Catarina Cubelo, que partilharam informações imprescindíveis.

Obrigada, também, aos meus colegas de orientação, e ao Eduardo e à Beatriz, por todo o apoio.

Um agradecimento especial para a Luísa e para o Tomás, pelo apoio emocional e por me tratarem como família.

Agradeço imensamente à Carolina e à Luana, pelos contributos, ideias e esboços para a investigação. E pelo carinho. Que bom que é partilhar a vida com amigas assim.

À minha mãe, que me apoia incondicionalmente e acredita em todos os meus projetos. Obrigada por valorizares cada passo, quer na vida, quer nesta investigação. Também ao meu avô, por acreditar que conhecimento é poder, e por me acompanhar com adoração até aos inícios do Mestrado.

Por fim, ao Simão. Um agradecimento não é suficiente. Toda a dedicação e compromisso, ajuda física e emocional, cumplicidade e amor, tornaram esta investigação possível. Meu companheiro de projetos e de vida, amo-te imensuravelmente.

Índice

Agradecimentos III

Índice IV

Abreviaturas e siglas VII

Glossário IX

Resumo XII

Abstract X

1. Introdução 1

    1.1. Enquadramento do tema 2

    1.2. Questão de investigação 5

    1.3. Objetivos e *outputs* 5

    1.4. Metodologia 6

    1.5. Rede de colaborações 6

    1.6. Estrutura da dissertação 9

2. Estado da arte 11

    2.1. O panorama do vidro em Portugal 12

    2.2. Moldes no passado e no presente 14

        2.2.1. Casos de estudo 1 17

    2.3. Reciclagem, economia circular e sustentabilidade 20

        2.3.1. Casos de estudo 2 24

3. Projeto 29

    3.1. Início do projeto: Vidro cristal da Vista Alegre Atlantis 30

    3.2. Plano experimental: Amostras com vidro de garrafa 36

3.2.1. *Pâte-de-verre* 40

3.2.2. *Slumping* 46

3.2.3. *Casting* 52

3.3. Provetes 53

3.3.1. Análise dos desperdícios, seleção e preparação 53

3.3.2. Compatibilidades 55

3.3.3. Temperaturas para fusão 58

3.3.4. Formas 70

3.3.5. Temperaturas para *slumping* 75

3.4. Plano experimental: Aplicação do vidro em moldes 78

3.4.1. Experiências com moldes de aço inox 79

3.4.2. Construção dos primeiros moldes cerâmicos 82

3.4.3. Desenvolvimento das peças experimentais 89

3.4.3.1. Experiências com vidro da BA 89

3.4.3.2. Experiências com vidro de desperdício 92

3.5. Desenvolvimento do produto 100

3.5.1. Protótipos 101

3.5.1.1. Fase 01 102

3.5.1.2. Fase 02 111

3.5.1.3. Fase 03 114

3.5.2. Acabamentos e detalhes 122

3.5.2.1. Suporte para as peças 126

3.5.3. Propostas finais 132

4. Análise dos resultados 144

5. Conclusões 147

5.1. Resposta à questão 148

5.2. Limitações ao estudo 149

5.3. Desenvolvimentos futuros 150

5.3.1. Desenvolvimentos futuros próprios 150

5.3.2. Propostas em aberto 150

5.3.2.1. Potenciais investigações 150

5.3.2.2. Potenciais aplicações 151

Bibliografia 153

Webgrafia 159

Anexos 164

Abreviaturas e siglas

°C: graus Celsius

3D: Três dimensões

BA: Barbosa & Almeida

Cencal: Centro de Formação para a Indústria de Cerâmica

CEO: *Chief Executive Officer*

cm: centímetros

CO_2: dióxido de carbono

COE: Coeficiente de dilatação ou coeficiente de expansão térmica.

CVPN: Centro Vidreiro Norte de Portugal

et al.: e outros

FBAUP: Faculdade de Belas Artes da Universidade do Porto

FEUP: Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

Fig: figura

INEGI: Instituto de Ciência e Inovação em Engenharia Mecânica e Engenharia Industrial

kg: quilogramas

mm: milímetros

MP: material particulado

n.d.: *no date*

NO_x: óxido de azoto

ODS: Objetivos de Desenvolvimento Sustentável

Pb: chumbo

PLA: poliácido láctico

SIGRE: Gestão de Resíduos de Embalagens

SO_x: óxidos de enxofre

SPV: Sociedade Ponto Verde

UE: União Europeia

VAA: Vista Alegre Atlantis

Glossário

Casco: Fragmentos de vidro partidos.

Dilatómetro: Aparelho que permite determinar os coeficientes de dilatação dos vários materiais em diferentes temperaturas, utilizado em fábricas.

Fusing: Fundição ou fusão de vários vidros na mufla. Pode-se adicionar outras matérias para serem fundidas com o vidro.

Kiln-casting: Técnica na qual se coloca uma peça de vidro num molde de material refratário e é levado à mufla. O vidro preenche a área vazia deste molde, ficando com o formato do seu negativo.

Kiln-forming: Processo de transformação do vidro na mufla, baseado no controlo térmico para fundir ou deformar o material e permitir a sua reconfiguração formal.

Mufla: Equipamento que vai a altas temperaturas, utilizado para a realização de peças em vidro neste projeto. É essencial na fusão de esmaltes e em processos de conformação em forno, como a moldagem por *slumping*.

Pâte-de-verre: Pasta de vidro. Técnica na qual o vidro em pó ou granulado é associado a um ligante, para formar uma pasta. É colocado sobre um molde de material refratário e levado à mufla para se fundir.

Polariscópio: Aparelho que permite verificar a existência de tensões no interior do vidro, utilizado em fábricas.

Slumping: Técnica de aquecer uma peça de vidro na mufla, sobre um molde, para que o vidro se torne dúctil e assuma a forma deste.

Vidro *float*: Vidro plano, produzido através de um processo no qual o vidro fundido flutua sobre uma camada de estanho, resultando numa superfície lisa e uniforme. Este tipo de vidro é a base para a produção de diversos outros, como temperado ou laminado.

Resumo

O projeto explora, através do design, novas formas de reutilização de vidro de garrafa. Atualmente, em Portugal, a percentagem de recolha deste vidro para reciclagem situa-se pouco acima dos 50%, o que se encontra distante das metas estabelecidas para a União Europeia.

Recicla-se a maior parte do vidro — que serve para a produção de novas garrafas —, no entanto, os desafios relacionados com resíduos de vidro requerem abordagens que ultrapassam o simples processo de reciclagem. A presente investigação parte desta problemática para indagar de que forma o design pode contribuir para o ciclo do vidro de garrafa, abrindo espaço para novos usos que prolonguem a sua vida útil. Não se pretende competir com a reciclagem industrial, mas abrir espaço para uma alternativa de menor escala e de maior expressão autoral, sobre resíduos que se encontram acessíveis localmente. Assim aproveitando-os para o design de artefactos, acrescentando valor ao desperdício.

A investigação foca-se no estudo sobre o material e estratégias para reaproveitar vidro de garrafa, privilegiando princípios subjacentes à economia circular. Adicionalmente, foca-se na análise de técnicas artísticas e artesanais de baixo custo e de fácil acesso, que serviram de base para experiências práticas realizadas com vidro de garrafas vazias recolhidas em estabelecimentos locais.

Em contexto laboratorial, testaram-se, numa primeira instância, os comportamentos do material, partido e triturado em diferentes tamanhos e granulometrias, com diversas cores e compatibilidades, submetido a distintas temperaturas e tipos de molde. A partir destes ensaios avançou-se com protótipos, planeando o material e os processos de modo a gerar pouco ou nenhum desperdício, sempre com reutilização dos recursos disponíveis.

O projeto demonstra que, ao intervir no ciclo do vidro, o design pode gerar soluções que transcendem a função utilitária, atribuindo novos valores estéticos, simbólicos e narrativos aos materiais descartados. Esta abordagem promove uma relação consciente entre material, produção e consumo, estimulando o pensamento crítico sobre os modelos lineares de consumo. Assim, potencializa o vidro como parte de um sistema de constante transformação e reaproveitamento.

Palavras-chave: Design; Vidro de garrafa; Desperdício; Técnicas artísticas; Economia circular.

Abstract

The project explores, through design, new ways of reusing bottle glass. Currently, in Portugal, the percentage of this glass collected for recycling is just over 50%, which is far from the targets set by the European Union.

Most glass is recycled — mainly for the production of new bottles —, however, the challenges associated with glass waste demand approaches that go beyond the simple process of recycling. This research stems from this issue to investigate how design can contribute to the lifecycle of the glass bottle, creating opportunities for new uses that extend its useful life. The intention is not to compete with industrial recycling, but to foster a smaller-scale alternative with greater authorial expression, making use of waste materials locally available. In doing so, these materials can be repurposed through the design of artefacts, adding value to what would otherwise be discarded.

The investigation focuses on studying the material and strategies for reusing bottle glass, privileging principles underpinning the circular economy. In addition, it examines low-cost and easily accessible artistic and craft-based techniques, which served as the basis for practical experiments carried out with empty bottle glass collected from local establishments.

In a laboratory setting, the behaviour of the material was initially tested, broken down and crushed into different sizes and grain sizes, with different colours and compatibilities, subjected to different temperatures and types of mould. Based on these tests, prototypes were developed, planning the material and processes in order to generate little or no waste, always reusing available resources.

The project demonstrates that, by intervening in the glass cycle, design can generate solutions that transcend mere utility, assigning new aesthetic, symbolic, and narrative values to discarded materials. This approach fosters a conscious relationship between material, production, and consumption, encouraging critical reflection on linear models of consumption. In doing so, it enhances the potential of glass as part of a system of constant transformation and reuse.

Keywords: Design; Bottle glass; Waste; Artistic techniques; Circular economy.



Capítulo 1. Introdução.

1. Introdução

1.1. Enquadramento do tema

A produção de vidro tem um impacto ambiental elevado. Para fundir os materiais – sílica, óxido de sódio, óxido de cálcio (Ruivo, 2013), são necessárias altas temperaturas, no geral, cerca de 1400 a 1600°C (dmglassware.com, 2024), o que se resume num elevado consumo energético[1]. O processo gera grandes quantidades de dióxido de carbono (CO_2), com emissões que variam entre 400 a 800kg por tonelada de vidro produzida. Além do CO_2, a fusão emite outros gases nefastos, como óxidos de azoto (NO_x), resultantes das altas temperaturas, que contribuem para a formação da camada de ozono e chuvas ácidas; óxidos de enxofre (SO_x), advindos de impurezas dos materiais; e partículas finas (MP), compostas por poeiras e compostos metálicos. Estes poluentes nomeados têm efeitos diretos na qualidade do ar e na saúde pública. É também de salientar a quantidade significativa de água que esta produção consome, devido aos sistemas de refrigeração (Colangelo, 2024).

Perante as problemáticas elencadas, a investigação procura um uso eficiente e prático de recursos residuais. Pesquisa-se como reduzir as matérias-primas virgens, assim como o custo dos materiais utilizados. Para tal, é utilizado vidro de garrafa, sendo crucial a realização de testes experimentais de forma a perceber o comportamento dos materiais e como comunicam uns com os outros.

Esta investigação explora uma abordagem ao design com forte componente autoral que perspetiva reaproveitar e valorizar resíduos de garrafas de vidro de bebidas com elevado consumo em Portugal. Donald Norman (2023) adverte que é relevante deixar de desenhar objetos de uso único. No caso das embalagens de vidro, o material é fácil de reciclar e acaba por ser reaproveitado ou, muitas vezes, o consumidor opta por lhe dar outro uso. Ainda assim, uma boa otimização ou, caso possível, perpertuação do ciclo de vida de um artefacto exige um trabalho de cooperação entre designers, fábricas, gestores de resíduos e legisladores.

A investigação foca-se no uso de vidro de garrafa reciclado para a produção de peças, com a utilização de moldes a um baixo custo, de fácil execução e com pouco desperdício. Deste modo, vai ao encontro do objetivo 12 dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) – Garantir

[1] Atualmente, quer em Portugal, quer em outros países, usa-se casco de vidro, por isso a temperatura é inferior, já que o vidro reciclado não requer temperatura tão alta como a matéria-prima virgem (podendo representar até cerca de 30% de poupança). Corresponde, ainda assim, a um elevado consumo energético.

padrões de consumo e de produção sustentáveis –, na medida em que se procura um uso eficiente dos recursos naturais, a redução de matérias-primas virgens e, além disso, investiga-se como reaproveitar os resíduos, gerando pouco ou nenhum desperdício, atendendo aos pressupostos da economia circular. É reforçado o contributo que o design tem ao gerir de forma responsável os recursos e processos, bem como otimizar o ciclo de vida dos produtos. Ellen MacArthur é uma das principais autoras defensoras da economia circular, a par da sua fundação que considera o "desperdício" como um conceito atribuído pelos humanos e que não existe "desperdício" na natureza. É relevante questionarmos o que acontece no fim de vida dos produtos que consumimos (2013).

Embora se encontre bem estabelecido o ciclo dos vidros de garrafa, tanto na União Europeia como em Portugal, os valores atuais encontram-se díspares e longe dos previstos para a reciclagem e metas ligadas à sustentabilidade. As metas propostas para o ano de 2025, da Diretiva-Quadro Resíduos da EU são da reciclagem de 65% dos resíduos, sendo 70% destes resíduos de vidro. Já as metas dos ODS perspetivam garantir, até 2030, padrões sustentáveis de produção e consumo, reduzindo o desperdício de recursos naturais e promovendo o uso eficiente de energia e materiais. A Sociedade Ponto Verde, em abril do presente ano de 2025, alertou para os números baixos inerentes à reciclagem do vidro, afirmando que não se cumprirá a meta estabelecida pela UE e Ana Trigo Morais (CEO da Sociedade Ponto Verde) salienta que urge uma melhor articulação e colaboração entre todos os agentes da cadeia de valor (Jornal de Negócios, 2025). Os dados do Sistema Integrado de Gestão de Resíduos de Embalagens (SIGRE) confirmam que a recolha de vidro se encontra estagnada, com um valor apenas ligeiramente superior face ao ano anterior, 2024. O diretor-geral da Novo Verde, entidade gestora de resíduos de embalagens, Pedro Simões, avisou esta urgência: "Se os produtos chegam ao mercado e o vidro não é devidamente contabilizado na recolha seletiva, este está a ser desperdiçado – e com ele, a oportunidade de alimentar a economia circular" (Jornal de Negócios, 2025). Citando a Sociedade Ponto Verde (2025),

> A recolha seletiva de embalagens registou um aumento de 4% com mais 4.377 toneladas de embalagens a serem enviadas para reciclagem no primeiro trimestre de 2025, em comparação com o período homólogo do ano anterior. O volume total recolhido supera as 116 mil toneladas, a um ritmo de crescimento que é insuficiente para Portugal conseguir cumprir as metas de 2025. Em 2024, para o mesmo período, os serviços de recolha seletiva de resíduos de embalagens financiados ao SIGRE, pela Sociedade Ponto Verde e outras entidades gestoras, atingiram o montante de 26,4M€. Já em 2025 os custos destes mesmos serviços atingiram 47,7M€, após a decisão de novos valores de

> contrapartida pelo Ministério do Ambiente e Ministério da Economia, igualmente para o 1.º trimestre. O País tem de garantir a recolha seletiva de 65% de todas as embalagens colocadas no mercado durante este ano.

Em sintonia com estes objetivos, o design foca-se em desafios contemporâneos e procura novos contributos para a construção de um futuro mais sustentável e responsável, assumindo um papel ativo e responsável no mercado e na sociedade. Esta premissa do design é reforçada por Victor Margolin em *The politics of the artificial* (2002), onde defende que o design não pode ser neutro, devendo posicionar-se eticamente frente às questões sociais e ambientais do nosso tempo. Nesse sentido, neste projeto de investigação, é proposta a reutilização do vidro de garrafa, a par do mencionado compromisso com a sustentabilidade. Tem um caráter laboratorial, sendo desenvolvido nas Oficinas de Vidro e de Cerâmica da Faculdade de Belas Artes, espaço com as ferramentas e equipamentos adequados para trabalhar com o vidro[2]. Ao transformar um resíduo comum – como garrafas descartadas – em objetos com novo valor funcional e estético, o design ultrapassa a simples resolução de problemas formais ou comerciais. Passa a ser agente de mudança, promovendo a economia circular, minimizando o desperdício de materiais e prolongando o ciclo de vida dos recursos. Este tipo de abordagem também questiona os modelos de consumo descartável presentes na economia linear (Vezzoli, & Manzini, 2008), e estimula a consciência crítica tanto do produtor como do consumidor, contribuindo para uma cultura de responsabilidade.

O vidro, enquanto material infinitamente reciclável, possui um enorme potencial dentro dos pressupostos da economia circular e do design sustentável. No entanto, a reciclagem industrial nem sempre é suficiente para responder à urgência climática. Neste contexto, são importantes soluções de reutilização, nas quais o design se apropria de artefactos e intervém, sem consumir grandes quantidades de energia ou gerar mais resíduos. A investigação assume um caráter autoral, intervindo sobre resíduos e transformando-os, dando uma alternativa ao ciclo industrial de reciclagem. Trata-se de uma abordagem que acrescenta valor à matéria-prima, valorizando desperdícios locais e direcionando-os para nichos de mercado através da produção em séries limitadas. Note-se que não se pretende competir com a reciclagem industrial, que se encontra consolidada, ainda que com resultados aquém do expectável, mas de atuar de forma complementar.

[2] As várias muflas das oficinas acusam temperaturas diferentes no seu controlador. Tendo como referência as muflas 9 e 10, que correspondem às temperaturas reais, a mufla A dita cerca menos 60°C que estas e a mufla C cerca menos 50°C. (Ex: Muflas 9 e 10: 850°C = Mufla A: 800°C = Mufla C: 790°C).

1.2. Questão de investigação

O estudo apresenta um caráter exploratório e tem como objetivo a criação de artefactos a partir de vidro reciclado, através de processos acessíveis e com base em técnicas artísticas e artesanais. São revistas técnicas, materiais e processos utilizados em pequenas produções e adota-se a reutilização de vidros de garrafa. Em contexto laboratorial, analisa-se, em primeira instância, vidros de várias cores de garrafa, branca, verde e castanha, submetidos a diferentes temperaturas e partidos e triturados em diversas granulometrias. A partir dos provetes realizados, explora-se a criação de peças com maior escala, demonstrando-se formas potenciais da reutilização do vidro de garrafa. Assim, a presente investigação questiona:

Como pode o design contribuir para o ciclo do vidro de garrafa?

E, partindo desta questão de investigação, exploram-se possibilidades de artefactos através da reutilização do vidro destas garrafas.

1.3. Objetivos e *outputs*

A presente investigação pretende contribuir, através de práticas de design, para o ciclo de vida do vidro de garrafas, na medida em que se apropria deste, dando-lhe outro fim. Perspetiva-se valorizar desperdícios, utilizando uma matéria que, por vezes, é difícil de reciclar ou reutilizar.

Salientado por Victor Papanek (1971), o design deve ser uma atividade responsável, com preocupações ecológicas e sociais, e não apenas orientada para o consumo e o mercado. Neste contexto, a presente investigação procura evitar que o vidro de garrafa se torne um resíduo no seu pós-consumo. Norman (2004) defende uma proximidade entre a experiência do utilizador e a materialidade do objeto. Ao explorar transformações de um objeto do nosso quotidiano e prolongar o seu ciclo de vida, propõe novas narrativas e reforça o valor simbólico e emocional.

Assim, no projeto, é proposta a criação de artefactos, reforçando o papel do design como agente de mudança consciente e responsável. Deste modo, objetiva-se que incentive a práticas de reutilização dos materiais, em concordância com os pressupostos de economia circular e sustentabilidade.

1.4. Metodologia

No processo de investigação, ocorreram várias fases distintas: definição do problema, idealização, prototipagem e testagem (Brown, 2008), exploradas ao longo dos capítulos.

Numa primeira instância, analisou-se a problemática, a sua dimensão e soluções a nível de Portugal e de outros países. No início do projeto, e numa fase exploratória, foram essenciais os métodos de observação e de entrevistas (Martin & Hanington, 2012). Foi realizado um contacto com a Vista Alegre Atlantis, o qual permitiu a realização de entrevistas de cariz informal à engenheira química Erika Davim, feitas pessoalmente e por e-mail, e conforme a demanda do desenvolvimento da investigação, assim como a designers da fábrica. Além disso, fez-se uma revisão da literatura de dissertações e investigações na área, bem como de projetos com desperdícios de vidro.

Após este levantamento, a abordagem projetual adotada foi o método dos ensaios (Martin & Hanington, 2012), iniciando-se por provetes e peças de teste. Para isto, partiu-se, primeiramente, de conhecimentos adquiridos na revisão da literatura, segundo o método *Evidence-based Design* (Martin & Hanington, 2012). Houve um processo iterativo, desde uma fase de idealização material, passando pela experimentação, testagem e prototipagem (Frayling, 1993). Esta etapa foi iniciada com provetes (com diferentes tamanhos, desde 4cm a 12cm), realizados com vidros de garrafa partidos e triturados em diferentes granulometrias, que serviram de base para identificar a relação entre as temperaturas e os tamanhos ideias do vidro para fundir. Seguidamente, realizaram-se protótipos em pequena escala, com fragmentos de garrafas de vidro, para validar os processos ideais, desde materiais de moldes ao programa da mufla. Por último, o estudo de peças de maior escala abriram caminho para os artefactos finais, que correspondem ao culminar do conhecimento adquirido ao longo da investigação.

No decorrer do processo, os resultados foram analisados com a equipa de orientação e colegas de mestrado, semanalmente, o que contribuiu para uma verificação e validação conjunta, tendo em conta o pensamento crítico de cada elemento. Esta metodologia encontra-se detalhada no capítulo 3.

1.5. Rede de colaborações

Ao longo de todo o processo de investigação, estabeleceram-se várias redes de colaboração que contribuíram para o desenvolvimento do projeto e resultados obtidos.

No início da investigação existiu um contacto com a Vista Alegre Atlantis. Isto foi relevante para perceber o panorama do design em vidro em Portugal, como evoluiu nos últimos anos, bem como as perspetivas futuras. Também deu oportunidade para experimentar artefactos com vidro cristal, fornecido pela fábrica.

Este contacto começou com uma visita à fábrica, na qual foram observados os vidreiros a trabalhar o vidro, assim como as máquinas de sopro de produção automática e as de injeção. Permitiu a identificação de diferentes processos de trabalho do vidro a quente, desde o manual e tradicional às últimas inovações no que concerne à automatização. Assim, percebeu-se quais as distinções de cada processo, e as possibilidades e limitações.

Há desafios inerentes a cada técnica e etapa, por isso foi, igualmente, crucial fazer entrevistas e ter conversas informais com alguns trabalhadores, como a Engenheira Erika Davim e os designers da fábrica Bruno Escoval, Hugo Amado e Diana Borges. Estas foram ao encontro daquilo que tinha sido investigado na revisão da literatura e estado da arte. Debateu-se sobre os vários tipos de molde e de materiais para os realizar, bem como os desafios inerentes a cada. Também se percebeu que o trabalho dos vidreiros está em decadência a nível internacional pela exigência do trabalho e anos de treino que este demanda, o que impacta a nível de produção na fábrica. Neste sentido, os profissionais mais experientes são escassos, e isto complica a produção de determinadas peças, especialmente as de coleções de ArtGlass realizadas somente pelo mestre Arlindo Francisco e com o auxílio de outros vidreiros, como Rita Barata, a única mulher vidreira na fábrica. Contudo, perante este obstáculo, percebem-se outras formas de atuar e agilizar o processo. Além disso, entre as conversas foi possível perceber os diferentes vidros com que a empresa trabalha, em particular o vidro cristal com 30% de chumbo, que permite uma temperatura de fusão e uma viscosidade inferior ao vidro. A trabalhabilidade é facilitada, por ser mais moldável e exigir menos recursos, tanto a quente como a frio, nos acabamentos.

Foi realizado, além disso, o workshop *Kiln-casting: técnica da cera perdida e pâte-de-verre*, fruto de um protocolo entre a VAA e Formação Contínua da Faculdade de Belas Artes, com a formadora Catarina Cubelo, no qual a autora participou como ajudante. Os formandos foram os dois designers mencionados da VAA e a engenheira química Beatriz Freitas. Aqui foram ensinadas as técnicas de *kiln-casting*, através da realização de moldes de cera perdida, e de *pâte-de-verre*. Neste workshop foram desenvolvidas peças combinando diferentes técnicas conforme se pode verificar nas figuras 1 a 4. O workshop possibilitou o contacto mais profundo com estes processos e a adequação dos mesmos ao vidro cristal.

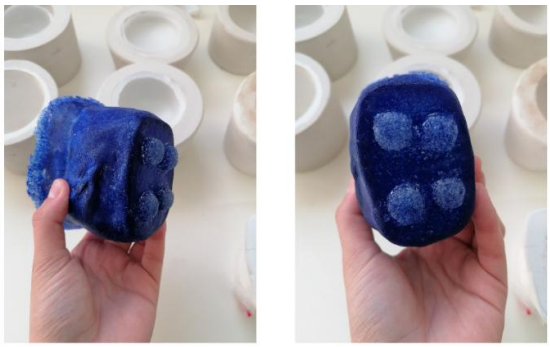


Fig. 1: Exemplos de peças realizadas pela autora e pela artista Catarina Cubelo. Fonte: Imagem da autora (2025).



Fig. 2: Exemplos de peças de *kiln-casting* realizadas pelos formandos. Fonte: Imagem da autora (2025).

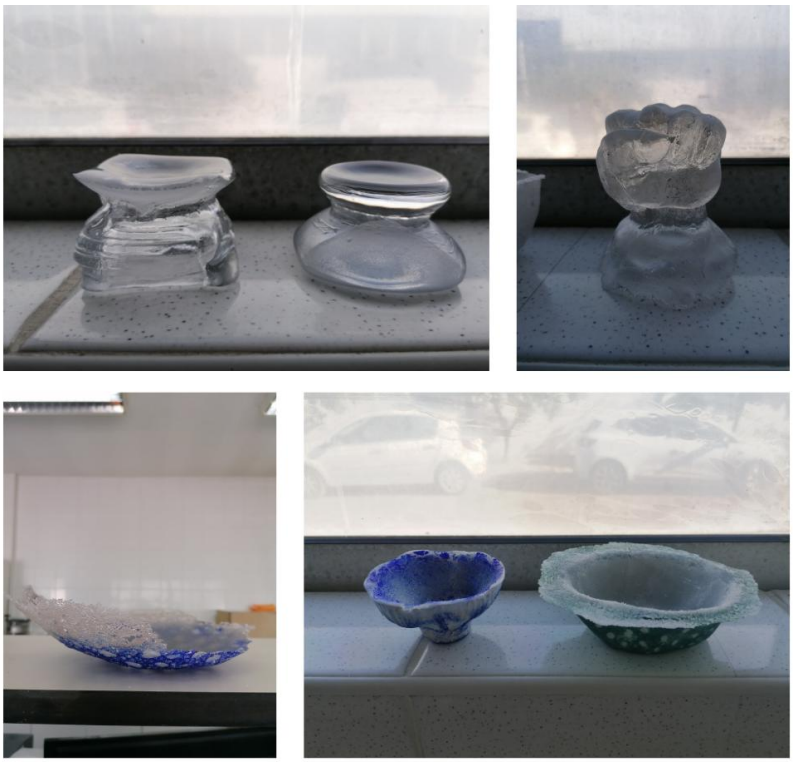


Fig. 3: Exemplos de peças de *pâte-de-verre* realizadas pelos formandos. Fonte: Imagem da autora (2025).



Fig. 4: Exemplos de peças de *pâte-de-verre*, com acabamentos, realizadas pelos formandos. Fonte: Imagem da autora (2025).

Posteriormente, no decorrer da investigação (e conforme se poderá verificar nos capítulos seguintes) percebeu-se que seria pertinente o uso de vidro de garrafa. Neste sentido, contactou-se e estabeleceu-se uma rede de colaboração com a BA Glass, devido à própria utilizar vidro reciclado para a produção de novos produtos. A fábrica forneceu casco de vidro, granulado e em pó, servindo para o início do plano experimental. Também se contactou a Vidraria Central do Porto e a Vidraria Armando, que contribuíram com os seus desperdícios de vidro *float*.

Além disso, um contacto relevante foi com a estudante de doutoramento Cassandra Pereira, que se encontra a investigar, no seu doutoramento, vidro de garrafa reciclado, com a qual, desde o início do projeto, em setembro de 2024, foi mantido um contacto regular e troca de informação e referências.

1.6. Estrutura da dissertação

A dissertação divide-se em cinco capítulos:

1. O primeiro capítulo tem a função, como é indicado, de introduzir o projeto de investigação. É, essencialmente, a base para o resto do percurso da tese. Neste capítulo apresenta-se a problemática, delineiam-se objetivos e metodologias adotadas.
2. Aqui realiza-se o estado da arte, através de uma abordagem abrangente relativamente ao enquadramento e ciclo do material e questões adjacentes a este. Pesquisou-se informações relevantes a ponderar, fez-se uma revisão da literatura e reúnem-se, além disso, casos estudos que servem de exemplo e ponto de partida para a investigação.

3. Este capítulo é dedicado ao desenvolvimento do plano experimental e a procura de soluções para o objetivo delineado inicialmente. Tem como foco a exploração laboratorial que decorreu durante vários meses nas oficinas da faculdade: desde a investigação do material em si ao estudo de potenciais formas de artefactos.
4. Este capítulo parte dos objetivos traçados, e de uma análise dos resultados obtidos, propondo uma aplicação prática através do design e produção de um artefacto.
5. No último capítulo conclui-se a dissertação, ponderando-se se o artefacto responde ao problema inicial e quais os obstáculos. Reflete-se, ainda, acerca de potenciais desenvolvimentos futuros.



Capítulo 2. Estado da arte.

2. Estado da arte

2.1. O panorama do vidro em Portugal

A história do vidro remonta a milhares de anos. Uma descoberta ao acaso no Egito ou Mesopotâmia chegou aos dias de hoje como um material indispensável, tanto a nível de tecnologia, como de arte e design e para utensílios do quotidiano (Gato, 2017). O design do vidro em Portugal é o reflexo das áreas envolventes, como é o caso da indústria dos moldes, e outras empresas associadas ao mesmo, que foram ganhando renome. A indústria do vidro esteve desde cedo, e permanece ainda hoje, fortemente marcada pela região da Marinha Grande, tradicionalmente conhecida como a "capital do vidro" (Santos, 2021).

Entre 1950 e 2000, o setor destacou-se pelo desenvolvimento de peças que uniam funcionalidade e estética, fruto da colaboração entre artistas plásticos, arquitetos e designers. Foi essencial um diálogo entre este grupo de profissionais e aqueles que operam no campo, os vidreiros. Segundo Cláudia Santos (2021), estes 50 anos foram essenciais para consolidar o vidro como um material não apenas utilitário, mas também artístico, com profundo impacto na identidade cultural e industrial do país. Tanto esta autora, como Aurora Gato (2017), em *Design & vidro: A herança da indústria nacional da Marinha Grande*, e Paulo Monteiro (2007), em *O vidro na ciência e na arte: Discursos partilhados*, nas suas dissertações, tratam esta temática do design em comunicação com o vidro. Salientam a relevância das relações entre a indústria, os vidreiros e os designers e artistas. Os autores visam, com as suas dissertações, consolidar informações históricas e técnicas, e oferecem um registo historiográfico do setor, com recurso a entrevistas e casos de estudo. Os objetos em vidro são matéria de consumo e é de destacar a relação que existe entre os desejos humanos e os objetos de vidro, que passam a ser, por um lado, reflexos do consumo em massa, e, por outro, símbolos de uma herança artesanal e cultural. De acordo com Ennes, Mabille e Thiébaut (1994), em *história da mesa: As artes da mesa desde as origens até os dias atuais*, a vidraria de mesa evoluiu com novos usos e designs, refletindo mudanças nos hábitos sociais e estéticos, mantendo-se relevante como símbolo de estilo, tradição e funcionalidade na vida contemporânea. Cláudia Santos (2021) declara

> [...] com a diminuição inegável do espaço doméstico e mantendo-se o princípio das recepções, numa sociedade onde a domesticidade se tornava cada vez mais rara, estes móveis não resistiram. As iguarias a consumir eram dispostas sobre vastos planos de forma que cada convidado pudesse servir-se sozinho e o serviço assegurado prioritariamente pela bebida. As mesas tornaram-se verdadeiras estalagens de pratos e

> de acessórios. Entre estes, apareciam as novidades ligadas à necessidade pelo consumidor de segurar nos canapés. Em despeito de uma ligeira redução dos elementos que as compõem e de uma baixa do número de casamentos, as artes da mesa conhecem um bom sucesso no seio das listas de casamento, onde figuram até aos dias de hoje. O serviço de mesa é considerado como um investimento, assim como um elemento de património. (p. 88)

A crise no setor do vidro manual e semiautomático, agravada pela globalização e pela concorrência de métodos automatizados, teve um impacto devastador na Marinha Grande, com o encerramento de várias fábricas no final do século XX e início do século XXI (Santos, 2021), assim como em Oliveira de Azeméis, o Centro Vidreiro Norte de Portugal (CVPN). Este declínio não apenas afetou a economia local, mas também ameaçou o desaparecimento de uma tradição artesanal secular. O conhecimento técnico e artístico dos mestres vidreiros enfrenta dificuldades na sua transmissão para novas gerações, colocando em risco a continuidade de práticas que combinam inovação e tradição.

Apesar das adversidades, existem exemplos de fábricas e artesãos que demonstraram resiliência e inovação no setor vidreiro. Algumas empresas, como por exemplo a Vista Alegre Atlantis, e estúdios como o de Nelson Figueiredo foram-se destacando pela integração estratégica do design nos seus processos de desenvolvimento de produtos. A colaboração entre designers e vidreiros permite criar peças que equilibram estética e funcionalidade, adicionando valor aos produtos e reposicionando o vidro português no mercado global. No Cencal (Centro de Formação para a Indústria de Cerâmica), a designer Joana Silva, responsável pelo polo da Marinha Grande, procura esta colaboração, incitando os artistas e designers a unirem-se em prol de evitarem a extinção do vidro soprado manual (Lusa, 2022). Para tal, é relevante relembrar a tradição do vidro a nível nacional, tanto sob uma vertente industrial, como semi-industrial, ou até artesanal ou artística, e evoluí-la.

Tendo isto em conta, torna-se pertinente refletir sobre as qualidades intrínsecas do vidro. Manzini (1993) destaca que os objetos transparentes têm três dimensões: higiénico-funcional, informacional e outra estética e emocional. A transparência permite iluminar espaços, transmitir informações visuais e criar efeitos sensoriais com a luz, valorizando a sua dimensão imaterial. O vidro, na contemporaneidade, deixou de ser visto como frágil ou limitador e a transparência tornou-se comum, permitindo imaginar habitats inteiramente transparentes. De acordo com o autor, representa uma oportunidade a ser gerida de forma consciente, conforme os diferentes contextos, desejos e necessidades. Assim, o design pode ser uma ferramenta crucial para

revitalizar o setor do vidro, combinando tradição com inovação e alcançando novos mercados. Nesta investigação reforça-se a memória e o património cultural do vidro em Portugal, contudo apontam-se, igualmente, outros caminhos e processos, para auxiliar na união entre as áreas das humanidades e artes com as ciências e tecnologias.

2.2. Moldes no passado e no presente

Para as peças de vidro que requerem molde, os materiais adequam-se à técnica utilizada, ao projeto e à sua rentabilidade, volume, complexidade e controle de qualidade. Quanto maior o volume de produção, mais baixos são os custos unitários. No caso do vidro soprado, por exemplo, faz sentido utilizar moldes metálicos, que são os mais duráveis. Para prototipagens e pequenas séries é ideal utilizar alternativas económicas, como madeira, moldes livres feitos de latas ou de matérias descartáveis, moldes cerâmicos ou de gesso.

Quanto à história dos moldes para peças de vidro, esta é um reflexo de outras áreas, de tecnologias e de materiais. Os primeiros moldes datam cerca de 1500 a.C (Tait, 1991). Desde as civilizações egípcias às românicas, a sua conceção era difícil, dado a limitação dos materiais em termos de durabilidade e reprodutibilidade. Eram feitos dos materiais disponíveis, como areia compactada (Tait, 1991) por ser resistente ao calor, materiais cerâmicos que permitiam moldes reutilizáveis, pedra esculpida, e metal. Foi com a revolução industrial que surgiram grandes avanços, a par das tecnologias e os materiais traduzem-no:

- Metais: Aço e alumínio são usados para moldes reutilizáveis em aplicações industriais. São ideais para produções em grande escala, uma vez que são bastante duráveis, contudo bastante dispendiosos (Figs. 5 e 6);



Fig. 5: Moldes metálicos utilizados para a produção de vários objetos em vidro soprado. Coleção Museu do Vidro. Fonte: Imagem da autora (2025).



Fig. 6: Molde metálico para *slumping*. Fonte: Imagem da autora (2024).

- Madeira: Usados para técnicas mais artesanais, ainda que sejam utilizados, também, em produção em massa. São menos duráveis que os de metal, contudo poderão ser aliciantes pelas marcas de degradação que se vão verificando nas peças produzidas (Fig. 7);



Fig. 7: Moldes de madeira utilizados para a produção de vários objetos em vidro soprado. Coleção Museu do Vidro. Fonte: Imagem da autora (2025).

- Gesso: Amplamente usados por serem baratos e fáceis de produzir, porém têm vida útil curta, e, muitas vezes, são destruídos após uma única utilização. Permitem a criação de formas complexas e detalhes minuciosos (Fig. 8);



Fig. 8: Exemplos de moldes em gesso. Moldes da esquerda e do meio: gesso e sílica para *pâte-de-verre*. Molde da direita: gesso e pó de tijolo para *casting*. Fonte: Imagem da autora (2024).

- Grafite: Amplamente utilizado atualmente na indústria, devido à sua resistência térmica e capacidade de suportar produção em massa. É ideal para peças onde se deseja um acabamento suave, preciso e delicado (Fig. 9);



Fig. 9: Exemplo de molde de grafite para produção de peças em vidro soprado. Fonte: Hebei Hang Carbon Technology Co., Ltd (2023).

- Cerâmica refratária: Oferece maior durabilidade e suporta várias tiragens, se não tiver prisões. É muito usada por artistas e pequenas indústrias, permitindo peças com texturas únicas (Figs. 10 e 11).



Fig. 10: Exemplos de moldes de cerâmica refratária para *slumping*. Fonte: Instructables (2015).



Fig. 11: Exemplos de molde de cerâmica refratária para *slumping*. Fonte: Imagens da autora (2024).

2.2.1. Casos de estudo 1

Se, por um lado, os moldes são ferramentas utilitárias, projetadas para facilitar a produção, podem, por outro, transcender essa função. Na área das artes, são utilizados como veículos para os artistas se expressarem. Preocupam-se não apenas em fabricar os seus próprios moldes, mas também os tratam como parte do objeto artístico final. Nos seus artefactos, exploram formas, texturas e interações entre o vidro e outros materiais. Deste modo, na arte contemporânea, os moldes não se apresentam como um meio de fabricação, mas também um elemento integrante da narrativa artística.

O duo Stanislav Libenský e Jaroslava Brychtová (Kehlmann, 2002) foi um exemplo deste fenómeno. O seu processo criativo reflete-se nos moldes que construíram, brincando com a interação da luz nas superfícies moldadas (Fig. 12). O duo trabalhava principalmente com vidro moldado por termofusão (*kiln-casting*). Exploravam diferentes espessuras de vidro para criar profundidade e cor, e, nas suas peças, a luz era o elemento essencial, através de jogos de sombra e transparência. Os objetos artísticos, de forte carga simbólica e espiritual, combinavam formas

abstratas com dimensões arquitetónicas. São veículos de contemplação, que remetem a arquétipo que nos são familiares (portais, túmulos, cabeças, cruzes), tornando-se metáforas do humano e da memória. O próprio material que optam, simultaneamente transparente e opaco, permite a dualidade do visível e invisível, corpo e espírito, efémero e eterno.



Fig. 12: *Prism in space*, de Stanislav Libenský e Jaroslava Brychtová, 1995. Fonte: Heller Gallery (n.d.).

Já Tomasz Urbanowicz cria painéis arquitetónicos em vidro, através de uma mistura de gesso e sílica, que deposita na base da mufla (Fig. 13). O seu ato de moldar é quase uma performance, na medida em que todo o seu corpo é utilizado para alisar, texturizar e determinar o desenho do seu molde. O artista tem uma abordagem simultaneamente funcional e poética. Para Urbanowicz, o vidro é um meio que capta e transforma a luz, permitindo, a quem interage com o espaço, emergir em experiências sensoriais. A sua obra procura estabelecer um diálogo profundo com o ambiente urbano e natural que a envolve, abordando temas ligados à identidade europeia, à passagem do tempo e à relação do ser humano com a natureza (Gronostajska e Urbanowicz, 2021).



Fig. 13: *The Spirit of Palatium*, de Tomasz Urbanowicz, 2021. Fonte: Archiglass (n.d.).

No contexto de Portugal, os *Moldes mutantes* de Vítor Agostinho (Agostinho, 2013) divergem do que é habitual nos moldes. Este designer explora a capacidade de um único molde gerar múltiplas variações formais, desafiando a tradicional repetibilidade associada aos processos de moldagem. No contexto do vidro, Agostinho desenvolveu técnicas que permitem a criação de peças únicas a partir do mesmo molde. Promove uma abordagem experimental e flexível, com diferentes estratégias de montagem e empilhamento dos mesmos blocos de gesso. Por conseguinte, questiona as normas de produção em série, transformando os processos industriais e introduzindo elementos de imperfeição e erro como componentes valiosos no design (Fig. 14).



Fig. 14: *Moldes Mutantes: Variação em Série*, de Vítor Agostinho, 2013. Fonte: Vítor Agostinho (2013).

Rita Pereira, no seu projeto *Encontro* (Pereira, 2017), associa o vidro e a pedra. Escolhe não usar moldes, na sua definição literal, mas trata o vidro soprado de forma que este se molde a pedaços de pedra, e se adapte a estes, tal como o tradicional molde. Sendo assim, permite uma união entre os dois materiais, que se transformam em objetos utilitários (Fig. 15).



Fig. 15: *Encontro*, de Rita Pereira, 2017. Fonte: Rita Pereira (2017).

Ainda mais recentemente, a artista Inês Amorim (Amorim, 2024) envolve os seus moldes de arame em parte integrante da peça (Figs. 16 e 17). Ao produzir os moldes está já a prever que estes não se possam libertar do vidro soprado que é, por sua vez, posteriormente inserido. O vidro a quente adapta-se e os dois materiais criam uma simbiose.

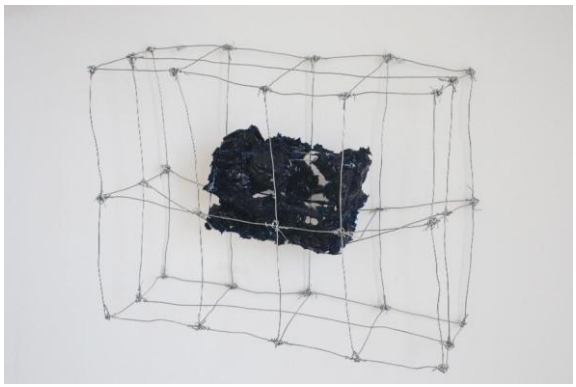


Fig. 16: *Act of trying to fit in*, de Inês Amorim, 2024. Fonte: Inês Amorim[3].

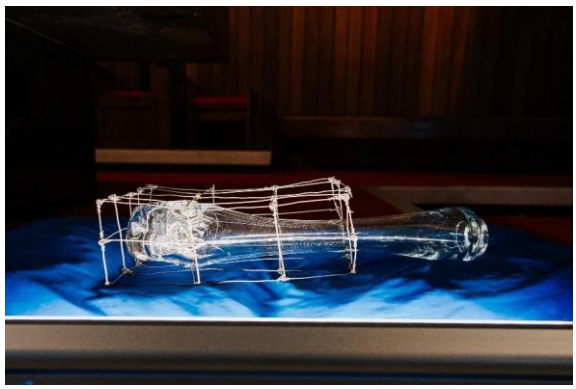


Fig. 17: *From me to you (acts of offer)*, de Inês Amorim, 2024. Fonte: Inês Amorim.

2.3. Reciclagem, economia circular e sustentabilidade

Tanto em Portugal como em países desenvolvidos, no caso dos vidros de garrafa e embalagem, todo o material tem o potencial de ser reaproveitado. Isto é, depois do produto consumido, o vidro é reciclado e retorna às fábricas para passar por um processo de limpeza e triagem, trituração e fusão. Este casco é, assim, transformado em novos produtos que seguem para o

[3] Todas as fotografias de Inês Amorim presentes nesta dissertação foram gentilmente fornecidas pela autora no decorrer da presente investigação.

mercado. Segundo o site recicla.pt (2024b), as garrafas de vidro comercializadas em Portugal já contêm 50% vidro reciclado.

É essencial, por isso, reciclar o vidro. O processo contribui para a economia dos recursos naturais, e para a redução do consumo de energia, que se reflete numa diminuição da pegada de carbono, uma vez que para o material ser fundido não necessita de uma temperatura tão elevada quanto a matéria-prima virgem. Embora as diversas vantagens, segundo a Plataforma Vidro + (2023)

> [...] os dados mais recentes divulgados pelo Close the Glass Loop indicam que a taxa média de recolha para reciclagem de embalagens de vidro na União Europeia permaneceu estável em 80,2%, em 2022, com um volume recorde de vidro recolhido. Em contraste, a percentagem de recolha de embalagens de vidro para reciclagem, em Portugal, desceu para 51% em 2022, face aos 54,4% registados em 2021.

Em 2024, houve já uma subida para 57,8% (476.605 toneladas de embalagens, sendo 213.870 toneladas de vidro) um aumento de 4% em relação a 2023. Isto está aquém do expectável, visto que se espera uma meta de 75% dos vidros, em geral, e de 90% no caso das embalagens, até 2030. Para este ano, 2025, o objetivo é de 70%, compromisso para com a União Europeia. A proposta da Diretiva-Quadro Resíduos da EU ditou que até 31 de dezembro deste ano (2025), os Estados Membros enviassem 65% dos seus resíduos para a reciclagem, correspondendo a diferentes percentagens para os diversos resíduos urbanos recicláveis – vidro, papel, cartão, metal, plástico e madeira.

Sendo o vidro 100% reciclável, sem perda das suas propriedades e qualidades, é um bom exemplo de um ciclo de economia circular (Gong & Whelton, 2019). Este conceito é um modelo que procura eliminar resíduos e poluição, manter produtos e materiais em uso por mais tempo e regenerar os sistemas naturais, propondo um sistema mais sustentável e eficiente (Fig. 18), dissociando o crescimento económico do uso de recursos finitos. A Ellen MacArthur Foundation (2013) teoriza acerca deste conceito, declarando

> Embora ainda seja um conceito teórico, o termo "economia circular" refere-se a uma economia industrial que é regenerativa por intenção e conceção. Numa economia circular, os produtos são concebidos de forma a facilitar a sua reutilização, desmontagem, renovação ou reciclagem, partindo do princípio de que é a reutilização de grandes quantidades de materiais recuperados de produtos em fim de vida — e não

> a extração contínua de recursos — que deve constituir a base do crescimento económico. (p. 14)[4]

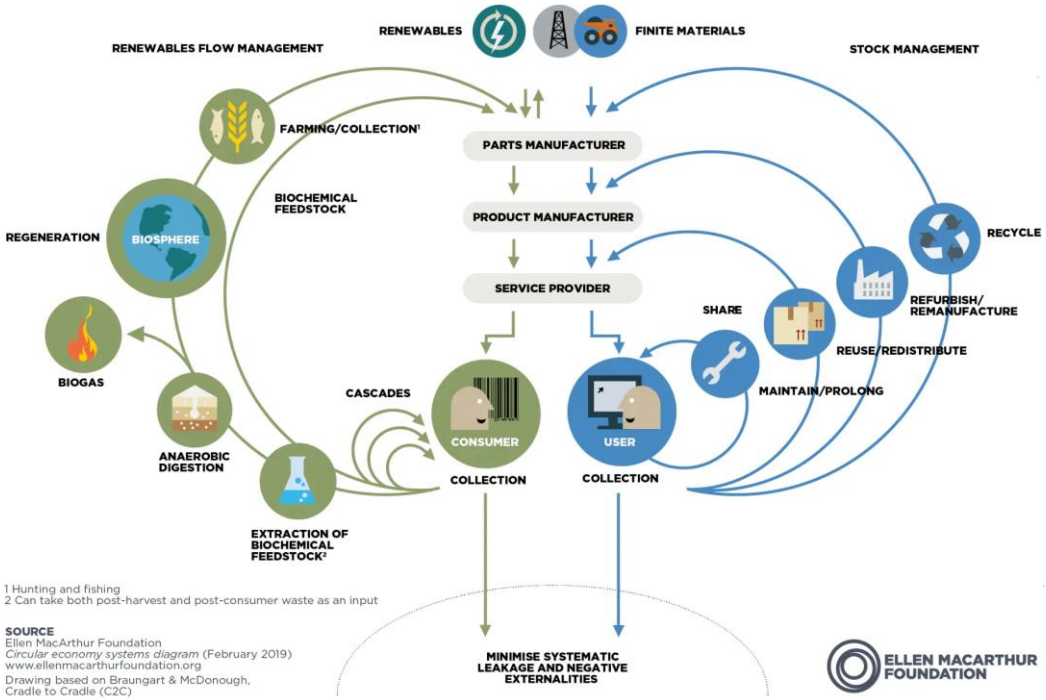


Fig. 18: Diagrama borboleta. Fonte: Ellen MacArthur Foundation (2019).

A reciclagem do vidro permite a infinita retorna ao mercado, contribuindo, pelas vantagens elencadas, para a sustentabilidade. Este ciclo inicia-se logo pela matéria-virgem, que deve ser otimizada e incorporada mesclada a par com a reciclada. Para os objetos em vidro é crucial que sejam desenhados para uma reciclagem fácil, isto é, sem aditivos como tintas e colas, ou outros materiais fundidos que podem prejudicar quer a qualidade quer a reciclagem do material. Vezzoli, & Manzini, em *Design for environmental sustainability* (2008), demonstram preferência pela reutilização dos artefactos (Fig. 19), dando como exemplo a reutilização das embalagens e garrafas de vidro, que é conveniente, e, com um design otimizado, melhor opção que a sua reciclagem.

[4] Tradução livre da autora. Do original: "Though still a theoretical construct, the term 'circular economy' denotes an industrial economy that is restorative by intention and design. In a circular economy, products are designed for ease of reuse, disassembly and refurbishment, or recycling, with the understanding that it is the reuse of vast amounts of material reclaimed from end-of-life products, rather than the extraction of resources, that is the foundation of economic growth." Ellen MacArthur Foundation, 2013, p. 14.

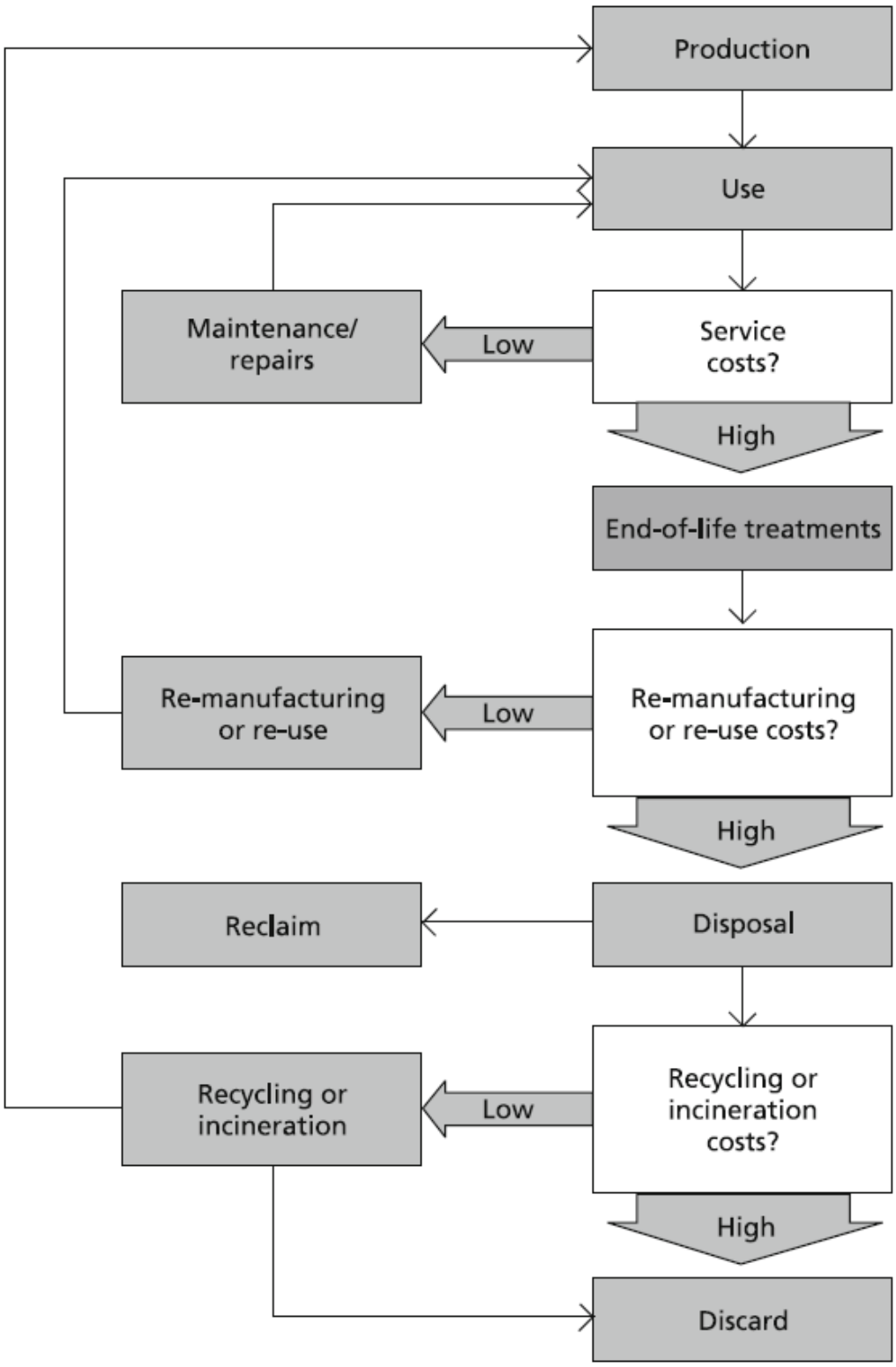


Fig. 19: Custos e perspetivas da eliminação. Fonte: Vezzoli & Manzini (2008).

Os autores Vezzoli & Manzini (2008) salientam

> Em termos ambientais, é preferível reutilizar o produto ou os seus componentes, em vez de reciclar ou incinerar os seus materiais (sem falar na possibilidade de os depositar num aterro). Atualmente, infelizmente, os elevados custos de manutenção, reparação, reutilização e remanufactura (principalmente custos de mão de obra) favorecem a reciclagem e a incineração. Na verdade, os custos destes processos também têm aumentado recentemente; ainda assim, são preferíveis ao depósito em aterros. (p. 70)[5]

Na reciclagem do vidro existem desafios, como a contaminação por cerâmica e metais, e a dificuldade de recolher vidro transparente e colorido separadamente. Estão a ser feitos avanços neste sentido, de forma a otimizar os processos, como a separação ótica avançada, já realizada em Portugal, na qual se identificam os diferentes tipos de vidro e detetam os contaminantes, como metais, de forma mais eficaz, através de sensores, o que melhora a qualidade do material reciclado.

O vidro não reciclado apresenta consequências nefastas, uma vez que, quando descartado em aterros sanitários pode levar milhares de anos para se decompor, ocupando espaço e representando um desperdício de material que poderia ser reutilizado indefinidamente. Além disso, por cada tonelada de vidro, perde-se a oportunidade de economizar 315kg de emissões de CO_2 (Andela, 2023) e de conservar 1,2 toneladas de matéria-prima virgem. Futuramente, as propostas apontam para um setor mais amigo do ambiente, neutro em carbono e responsável do início ao fim do ciclo.

2.3.1. Casos de estudo 2

Designers e artistas reaproveitam vidro reciclado para os seus projetos, seja por meio de técnicas tradicionais, como o vidro soprado, *fusing*, *kiln-casting*, *pâte-de-verre*, ou com abordagens experimentais.

[5] Tradução livre da autora. Do original: "In environmental terms it is preferable to reuse the product or its components, rather than to recycle or incinerate its materials (not to mention the possibility of dumping them in a landfill site). Nowadays, unfortunately, the high costs of maintenance, reparation, reuse and remanufacturing (today mainly labour costs) predispose to recycling and incineration. Actually, their costs have also been rising recently; nevertheless, they are preferable to dumping in landfill sites." Vezzoli & Manzini, 2008, p. 70.

Joana Vasconcelos, na série *Castiçais*, cria estruturas verticais compostas por milhares de garrafas, iluminadas internamente. Os objetos artísticos destacam-se pela reutilização de materiais descartáveis, conferindo-lhes uma nova vida e significado no contexto artístico. A iluminação interna das garrafas realça a transparência e as nuances do vidro, criando efeitos visuais que dialogam com o espaço envolvente. *Néctar* (2006) e *Blue Champagne* (2012) (Fig. 20), são exemplos desta série, nos quais dá um novo uso a garrafas de vidro, apropriando-se, para o efeito, de garrafas já utilizadas. Exploram temas como o luxo e o consumo *versus* a sustentabilidade, transformando peças do quotidiano em peças monumentais e luminosas. Desta forma, a arte contemporânea incorpora matérias potenciais de ser reutilizadas (Almeida, 2024).



Fig. 20: Exemplos de objetos artísticos de Joana Vasconcelos. À esquerda, *Néctar* (2006) e, à direita, *Blue Champagne* (2012). Fonte: Joana Vasconcelos (n.d.).

A artista Cristina Camargo procura ser consciente nos materiais para a sua criação artística. Foi pioneira, em Portugal, a manipular o vidro reciclado, que se afirmava ser um desafio (Almeida, 2024). Neste objeto artístico, usa vidro de garrafa azul (Fig. 21).



Fig. 21: *A Little more Blue*, de Cristina Camargo, 2017. Fonte: Teresa Almeida (2024).

A nível de design, há atualmente uma busca por materiais e processos sustentáveis. A marca EcoGlassWorks, por exemplo, que produz produtos utilitários, declara, no seu website, usar 100% de materiais reciclados, assumindo a sua atividade como sustentável e consciente, ao utilizar vidro que havia sido desperdiçado nos seus produtos de *tableware* (Fig. 22). No entanto, não apresenta dados de como atuam, de onde o seu vidro provém, qual a percentagem precisa de material reciclado e quais processos utiliza, afirmando apenas que contribui para um futuro "cleaner and greener" (Eco Glass Works, n.d.).



Fig. 22: Exemplos de peças da marca EcoGlassWorks. À esquerda, taça de vidro e, à direita, jarro cilíndrico de vidro. Fonte: EcoGlassWorks (n.d.).

Studio Peipei, com o seu projeto *From the Ashes* (Studio Peipei, 2021) (Fig. 23), propõe uma abordagem sustentável para a fabricação de vidro. Utiliza resíduos locais como matéria-prima: cinzas, provenientes de pizzarias, conchas de frutos do mar, apanhadas localmente, e areia, também recolhida de praias próximas. Estes componentes substituem o vidro tradicional, que contém óxido de sílica, óxido de cálcio, óxido de alumínio, óxido de boro, óxido de potássio e óxido de magnésio, através destes ingredientes que fornecem carbonato de potássio (cinzas), carbonato de cálcio (conchas) e sílica (areia). Estes são triturados e aquecidos, transformando-se numa matéria pastosa, semelhante ao vidro que conhecemos. O objetivo é criar uma produção mais sustentável com os materiais disponíveis em cada região, reduzindo o impacto ambiental, quer a nível de transporte, quer a nível de reaproveitamento dos materiais, e revalorizando resíduos. É de destacar o seu foco na economia circular e consciencialização relativa aos recursos naturais.



Fig. 23: *From the Ashes*, de Studio Peipei (2021). Fonte: Studio Peipei (2021).

Relativamente a produções de pequena escala, Ehécatl, um artista mexicano, transforma vidro de janela em candeeiros, pela técnica do vidro soprado, procurando respeitar o material original e consciencializar quem compra as suas peças do impacto ambiental inerente (Ehécatl, 2025) (Fig. 24).

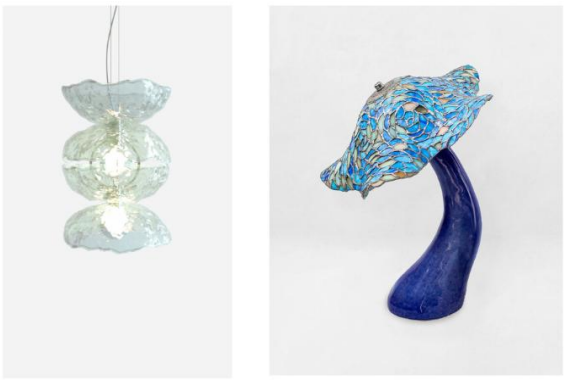


Fig. 24: Exemplos de peças do designer Ehécatl. À esquerda *Orquídea*, 2024 e, à direita, *Ahuatepec*, 2015. Fonte: Ehécatl (2025).

Riccardo Cenedella parte de processos ancestrais, como o *pâte-de-verre*, para peças utilitárias. Neste caso, produz molduras de espelhos com peças de vidro Murano, criando uma ligação entre o objeto e a origem do material (Riccardo Cenedella, 2024) (Fig. 25).

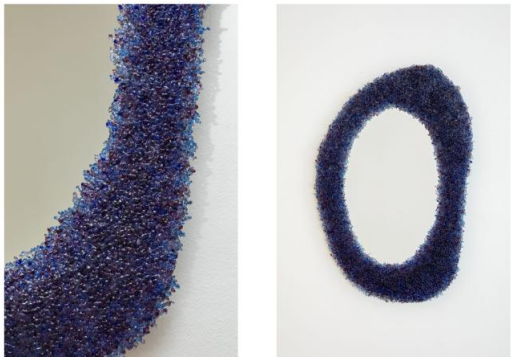


Fig. 25: *Crumble De Verre*, de Riccardo Cenedella, 2024. Fonte: Riccardo Cenedella (2024).

Jardin verre é o projeto do artesão Jean Priol, que cria peças tanto decorativas como funcionais, através do *upcycling* de garrafas de vidro. Tem atividade presente em Marselha, França, e o seu processo é bastante simplificado e pode ser seguido nas suas redes sociais, onde é ativo. Começa pela seleção de garrafas de vidro, sua limpeza, e, posteriormente, corte com ferramentas adequadas e polimentos. Corta de diferentes modos as várias partes das garrafas, para acoplar elementos e adequá-los à função de cada artefacto (Fig. 26). Contribui positivamente para a circularidade do material, e, consequentemente, para a redução do desperdício (Jardin Verre, n.d.).

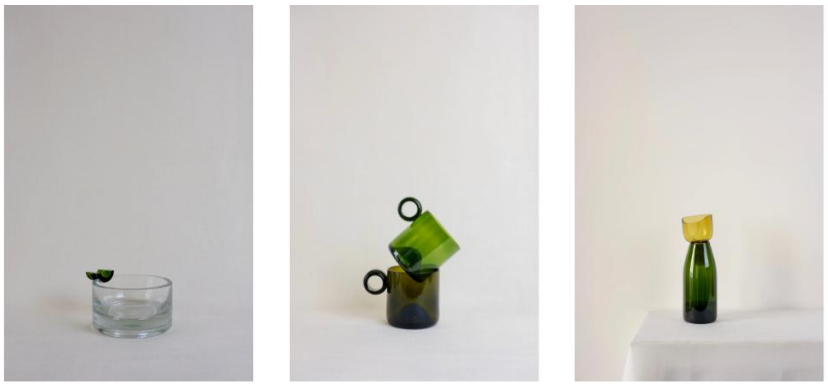


Fig. 26: Exemplos de peças de *Jardin verre*. À esquerda *Cendrier nº1*, ao meio *Tasse nº4*, à direita *Vase nº7.* Fonte: Jardin verre (n.d.).



Capítulo 3. Projeto.

3. Projeto

3.1. Início do projeto: Vidro cristal da Vista Alegre Atlantis

Numa primeira fase do projeto, a autora teve um contacto com a Vista Alegre Atlantis, com o objetivo de clarificar as potencialidades do seu vidro cristal, através de processos artísticos, como o *pâte-de-verre* e o *casting*.

De forma a conhecer os seus processos de fabrico do vidro soprado, e estudar o trabalho dos vidreiros e a sua produtividade, foram realizadas visitas à fábrica Vista Alegre Atlantis, em setembro de 2024 e em janeiro de 2025, nas quais foi observada a realização dos produtos, em todas as suas etapas, desde o trabalho a quente, posteriores acabamentos, ao controlo de qualidade das peças. Estas visitas possibilitaram também interações e conversas informais com os designers de produto da empresa relativamente ao seu processo de trabalho e aos contactos que estabeleciam com os vidreiros. Além disso, a empresa forneceu alguns materiais para a execução das primeiras experiências – vidro cristal de diferentes granulometrias, casco de vidro cristal transparente, vidro colorido e, ainda, peças com defeito.

Deste modo, em setembro, foram iniciados exercícios de experimentação exploratória. Na FBAUP, a autora iniciou os testes de compatibilidade entre o vidro cristal transparente e o vidro colorido, bem como o aspeto das fusões com diferentes granulometrias. Começou com a observação da artista Catarina Cubelo a realizar a peça de *pâte-de-verre* com vidro cristal em pó, que ficou com um acabamento acetinado, processo descrito fotograficamente na figura 27.



Fig. 27: Demonstração da realização de um *pâte-de-verre* por Catarina Cubelo. Fonte: Imagem da autora (2024).

Após isso, a autora realizou amostras em *pâte-de-verre* com moldes de gesso e sílica, ao longo dos meses de novembro e dezembro de 2024, para testar as reações entre vidro e vidro cristal, segundo as granulometrias e cores fornecidas pela VAA (Fig. 28). Foram realizadas várias peças (Figs. 29 a 32) com a seguintes fusões, referidas na Tabela 1.



Fig. 28: Materiais fornecidos pela VAA. Fonte: Imagem da autora (2024).

	vidro cristal em pó	vidro cristal de granulometria 0,1/0,2mm
vidro em pó azul-cobalto k041	✔	✔
vidro em pó verde k034		✔
vidro em pó amarelo k2073		✔
vidro em pó fúcsia k230		✔
vidro em pó branco k061		✔

Tabela 1: Amostras de *pâte-de-verre* com vidro cristal. Fonte: Tabela da autora (2024).

Além disso, experimentou-se um molde com gesso e pó de tijolo (Fig. 33), seguindo a investigação de Cassandra Pereira com vidro cristal de granulometria 0,1/0,2mm e vidro em pó azul-cobalto k041. Percebeu-se que o vidro cristal não é compatível com o vidro amarelo k2073, criando uma fissura que foi aumentando de tamanho com o passar do tempo. Além disso, o vidro cristal em pó opaliza, ao contrário do com granulometria 0,1/0,2mm, que fica mais transparente. Relativamente ao uso de pó de tijolo como substituição da sílica, a técnica teria de ser novamente testada e alterada a receita da "pasta" de vidro. Estas amostras foram a uma temperatura de 710°C, nas muflas 1 e 2 da FBAUP, segundo o seguinte programa:

27’ ↑ 98°

659’ ↑ 593°

0’ ↑ 710° ↔ 5’

0’ ↓ 30°[6]

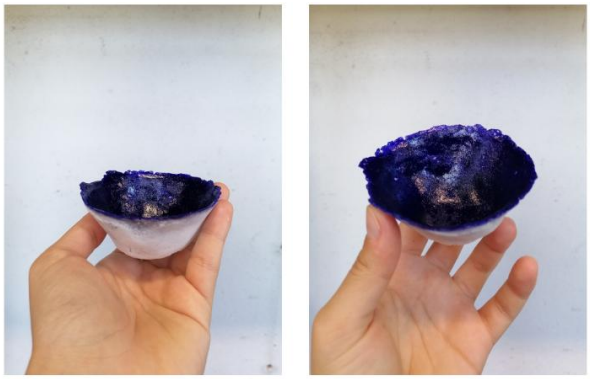


Fig. 29: Peça de *pâte-de-verre* com vidro cristal em pó e vidro em pó azul-cobalto k04. Fonte: Imagem da autora (2024).

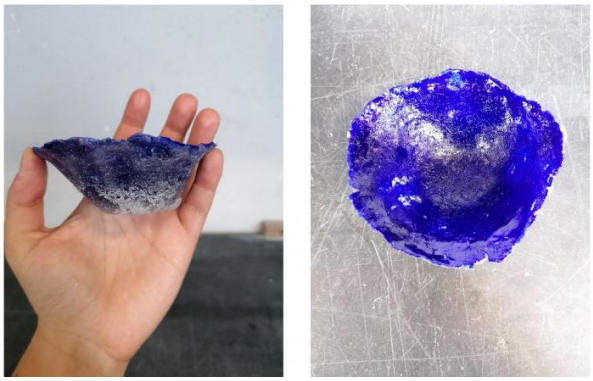


Fig. 30: Peça de *pâte-de-verre* com vidro cristal de granulometria 0,1/0,2mm e vidro em pó azul-cobalto k041. Fonte: Imagem da autora (2024).

[6] ↑ subida da temperatura; ↔ patamar; ↓ descida da temperatura.



Fig. 31: Peças de *pâte-de-verre* com vidro cristal de granulometria 0,1/0,2mm e vidro em pó verde k034; vidro cristal de granulometria 0,1/0,2mm e vidro em pó amarelo k2073; vidro cristal de granulometria 0,1/0,2mm e vidro em pó fúcsia k230. Fonte: Imagem da autora (2024).

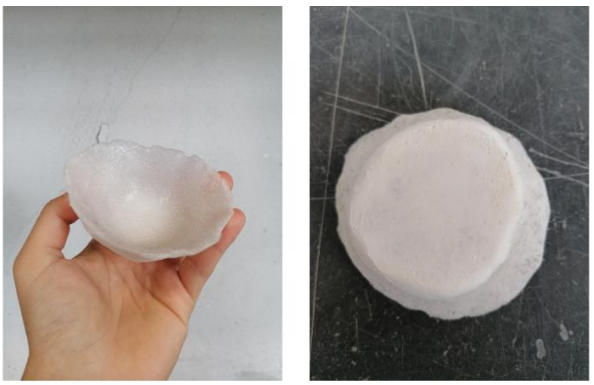


Fig. 32: Peça de *pâte-de-verre* com vidro cristal de granulometria 0,1/0,2mm e vidro em pó branco k061. Fonte: Imagem da autora (2024).



Fig. 33: Peça de *pâte-de-verre* com molde de pó de tijolo com vidro cristal de granulometria 0,1/0,2mm e vidro em pó azul-cobalto k041. Fonte: Imagem da autora (2024).

Foram testados, igualmente, pela autora, dois *kiln-castings* com casco de vidro cristal (Fig. 34), um com molde de gesso e sílica e outro de gesso e pó de tijolo. Apesar do casco utilizado ter sido de fragmentos pequenos, ficaram ambas as peças transparentes, tendo a de pó de tijolo um acabamento exterior mais limpo que a de sílica, com textura rugosa. Estes *castings* foram a uma temperatura de 750°C, na mufla 10 da FBAUP, segundo o seguinte programa:

27’ ↑ 98° ↔ 4h30

6h10’ ↑ 593° ↔ 35’

0’ ↑ 750° ↔ 1h30

0’ ↓ 30°



Fig. 34: Peças de *kiln-casting* com casco de vidro cristal. À esquerda molde de gesso e sílica e à direita molde de pó de tijolo. Fonte: Imagem da autora (2024).

3.2. Plano experimental: Amostras com vidro de garrafa

Após estes testes com vidro cristal foi abandonada a utilização deste material e o projeto avançou para vidro de garrafa reciclado, que responde de melhor forma às questões colocadas inicialmente, relacionadas com sustentabilidade. O vidro cristal, devido à presença de chumbo (Pb) na sua composição, que é uma substância tóxica, contamina o ar, o solo e a água, quer durante a produção, quer aquando do seu descarte. O seu impacto ambiental é, deste modo, consideravelmente superior ao do vidro de garrafa (Hynes & Jonson, 1997).

O vidro cristal não é sustentável, devido ao óxido de chumbo. A sua produção também consome mais energia e emite mais CO_2, devido às temperaturas elevadas e aos processos mais exigentes. Por estas razões, o vidro cristal tem um impacto ambiental e sanitário mais elevado e é considerado uma opção menos sustentável. Para a investigação considerou-se relevante a utilização de vidro de desperdício, que existe em elevada quantidade, potencializando-o e valorizando o seu ciclo. Além disso, valorizou-se a viabilidade do projeto ser executado com as ferramentas e meios técnicos disponíveis na faculdade, bem como foi pertinente o uso de vidros provenientes de estabelecimentos locais.

Paralelamente às experiências anteriores, a autora havia já tido contacto com vidro de garrafa reciclado, através do workshop da investigadora Cassandra Pereira, *Recursos alternativos de kiln-casting com vidro reciclado*, no qual explorou os moldes refratários com pó de tijolo[7], para a criação de peças com este vidro (Fig. 35).



Fig. 35: Peça de *casting* com vidro de garrafa Beirão. Workshop *Recursos Alternativos de Kiln-casting com Vidro Reciclado* de Cassandra Pereira. Fonte: Imagem da autora (2024).

A autora partiu de conhecimentos prévios e outros obtidos através da revisão da literatura e dos workshops e formações mencionados para a sua investigação. Foi iniciada uma abordagem exploratória na faculdade, com base em estudos prévios, mencionados em *O vidro reciclado na prática artística: Fusão e slumping* (Pereira et al., 2022). Numa primeira instância, optou-se por realizar amostras em três técnicas: *pâte-de-verre*, *slumping* e *casting*, dado serem técnicas de trabalho fundamentais do vidro no forno (Beveridge et al., 2004). Neste seguimento, a autora baseou-se em técnicas artísticas e artesanais, de forma a fazer um paralelo entre estas e o design de produto.

As garrafas utilizadas para as primeiras experiências foram de Compal, Super Bock e Pedras. Começou-se por lavar, partir as garrafas e triturá-las com recurso ao almofariz e pilão, para, posteriormente, serem peneiradas e lavadas, sequência apresentada na figura 36 e na tabela 2. Durante todas as etapas de manuseamento do vidro, quer no presente capítulo, quer em toda a componente laboratorial da investigação, utilizaram-se Equipamentos de Proteção Individual

[7] A investigadora Cassandra Pereira, no seu workshop, teve, ainda, a preocupação de realizar as peças com um forno de papel, como alternativa ao forno elétrico, uma opção mais sustentável.

(EPI), nomeadamente bata, calcado fechado, luvas resistentes a cortes, óculos de proteção e, no caso de se contactar com pó de vidro, mascara FFP3.

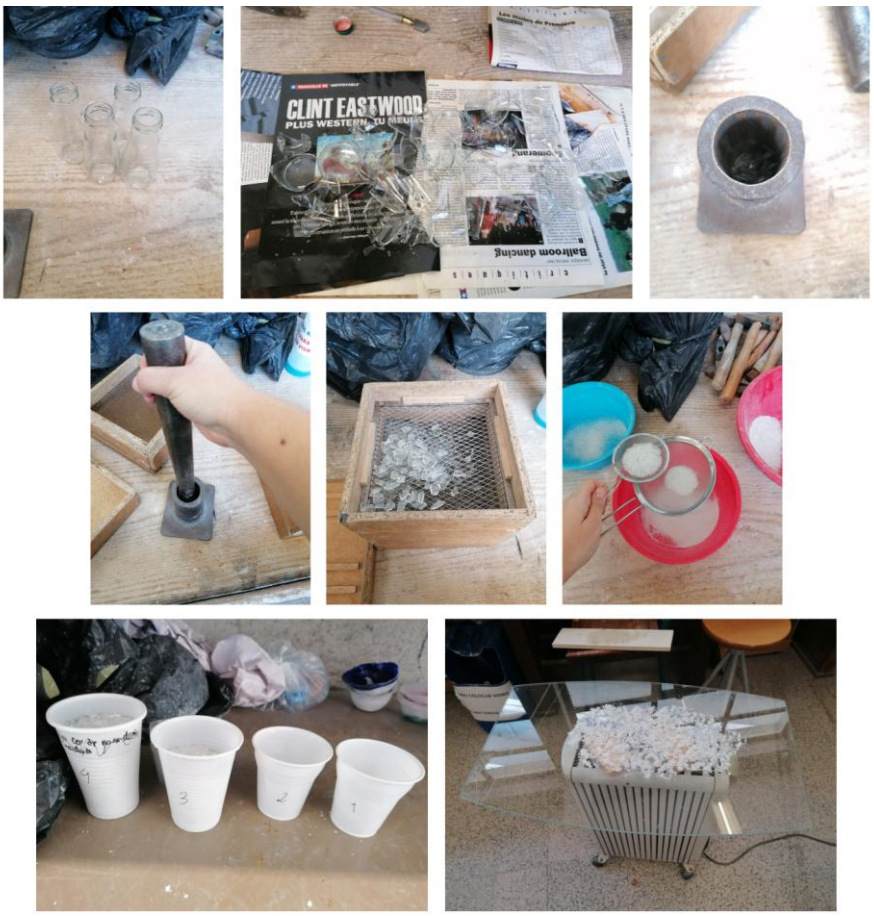


Fig. 36: Preparação do vidro: selecionaram-se as garrafas, realizaram-se os cortes com o cortador de vidro manual, partiram-se as garrafas com o auxílio de um martelo, trituraram-se os cacos com um almofariz e pilão de ferro, separaram-se em peneiras de diferentes granulometrias, lavou-se o vidro e colocou-se a secar. Fonte: Imagem da autora (2025).

materiais	processo
 esponja e esfregão  espátula	lavagem e remoção das impurezas: após a seleção das garrafas, estas foram lavadas com uma esponja e esfregão e os rótulos e outros contaminantes foram retirados, com o auxílio de uma espátula
 cortador de vidro  martelo	corte do vidro: com um cortador de vidro manual, foram realizados cortes, para facilitar o processo de o partir com um martelo
 almofariz e pilão de ferro	trituração do vidro: para triturar o vidro em granulometrias pequenas é necessário o uso de almofariz de pilão de ferro
  peneiras	separação por granulometria: com uma peneira para várias granulometrias e outra com o filtro mais pequeno, foi realizada a separação do vidro, por grão e em pó
 álcool	limpeza: para que não se encontre impurezas, como pó de vidro, ou algum vestígio de cola nas granulometrias maiores, limpou-se com álcool para vidro; as granulometrias mais pequenas lavaram-se com água corrente e colocaram-se a secar

Tabela 2: Resumo do processo de preparação do vidro. Tabela da autora (2025).

3.2.1. *Pâte-de-verre*

Foram selecionados o pó de vidro e a granulometria de 0,1mm para a realização de *pâte-de-verres* de teste, semelhante aos anteriores realizados com vidro cristal. Partindo de estudos desenvolvidos na faculdade, realizaram-se dois testes, com moldes de gesso e sílica. Para a realização da "pasta" de vidro, adicionou-se, como ligante, água e um pouco de cola alimentar, até uma consistência semelhante a areia molhada. O primeiro teste foi a uma temperatura de 790°C (fusão parcial) (Figs. 37 e 39), na mufla 1 da FBAUP, segundo o seguinte programa:

60' ↑ 95°

305' ↑ 600°

0' ↑ 790° ↔ 10'

0' ↓ 30°

O outro, a uma temperatura de 840°C (fusão total) (Figs. 38 e 39), com efeito mais cristalizado, segundo o programa:

60' ↑ 93°

305' ↑ 600°

0' ↑ 840° ↔ 5'

0' ↓ 30°



Fig. 37: Exemplo de um dos testes realizados em *pâte-de-verre* com vidro de garrafa Compal submetido a 790°. Fonte: Imagem da autora (2025).



Fig. 38: Exemplo de um dos testes realizados em *pâte-de-verre* com vidro de garrafa Compal submetido a 840°. Fonte: Imagem da autora (2025).



Fig. 39: Comparação dos testes realizados em *pâte-de-verre* com vidro de garrafa Compal: a peça da esquerda submetida a 790° e a da direita a 840°. Fonte: Imagem da autora (2025).

Seguidamente, em acrescento às garrafas de vidro branco, foram adicionadas garrafas castanhas de Super Bock. Foi realizado o molde em gesso e sílica (Fig. 40), fez-se o preenchimento com vidro granulado e em pó, levou-se à mesma temperatura que a anterior, na mesma mufla (Fig. 41). Além disso, realizou-se um *pâte-de-verre* inverso (Figs. 42 e 43), ou seja, com o vidro colocado na parte exterior do molde de gesso e sílica, uma experiência de caráter exploratório, contrário ao que é habitualmente realizado (Cummings, 2009). Apesar do processo de depositação do vidro ter sido mais demorado e árduo, a peça revelou-se distinta do *pâte-de-verre* comum. Os dois seguiram o programa:

60’ ↑ 93°

305’ ↑ 600°

0’ ↑ 840° ↔ 5’

0’ ↓ 30°



Fig. 40: Preparação da peça: molde de gesso e sílica e molde com o vidro. Fonte: Imagem da autora (2025).

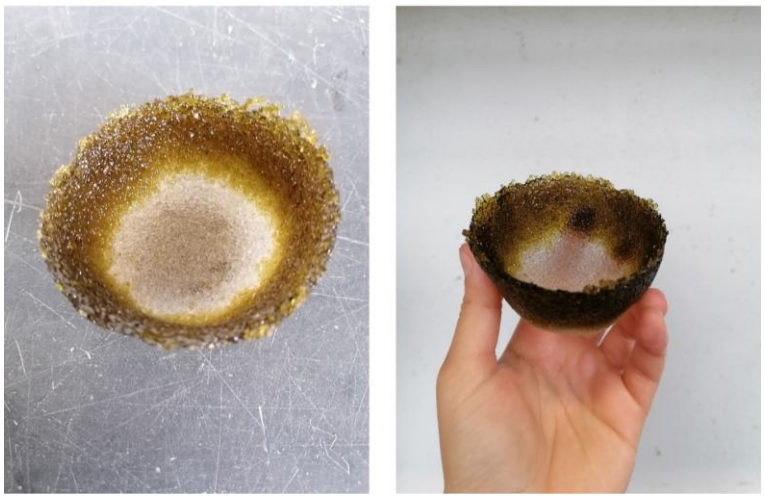


Fig. 41: Exemplo de um dos testes realizados em *pâte-de-verre* com vidro de garrafa Compal e Super Bock. Fonte: Imagem da autora (2025).



Fig. 42: Molde de *pâte-de-verre* inverso com vidro de garrafa Compal e Super Bock: antes e depois de ir à mufla. Fonte: Imagem da autora (2025).

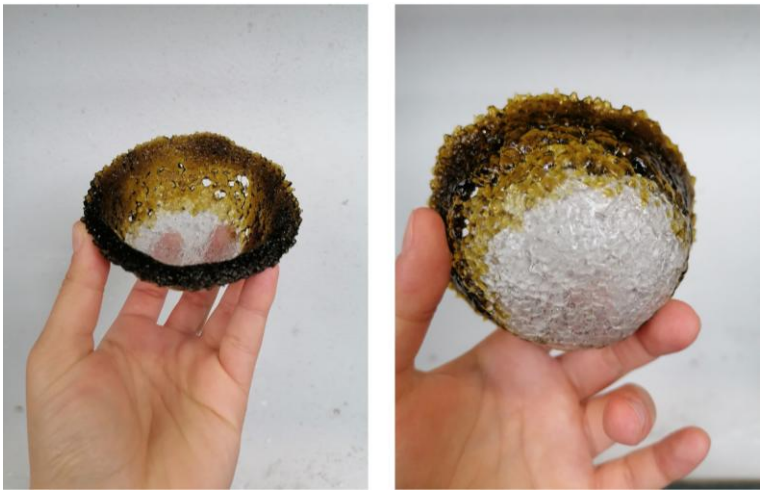


Fig. 43: Exemplo de um dos testes realizados em *pâte-de-verre* inverso com vidro de garrafa Compal e Super Bock. Fonte: Imagem da autora (2025).

As peças referidas permitiram uma familiaridade com o vidro. No entanto, para existir um progresso na técnica e no material, é crucial trabalhar em maior escala, já que exige um domínio e entendimento mais profundo do seu potencial expressivo (Sennett, 2008). Sendo assim, aumentando a escala, realizaram-se ainda outros dois *pâte-de-verres*, com os mesmos vidros, branco e castanho. Para o efeito, utilizou-se a mufla 9. No primeiro (Figs. 44 e 45) optou-se por uma granulometria de 0,1 a 0,2mm, opção que acabou se verificar inadequada, visto que a "pasta" de vidro não se agarrou ao molde e caiu. Programa:

6h ↑ 600°

45’ ↑ 840° ↔ 3’

0’ ↓ 30°



Fig. 44: Processo de realização do *pâte-de-verre* e colocação na mufla. Fonte: Imagem da autoria de Simão Afonso (2025).



Fig. 45: Exemplo de um dos testes realizados em *pâte-de-verre* com vidro de garrafa Compal e Super Bock com granulometria de 0,1 a 0,2mm. Fonte: Imagem da autora (2025).

Visto a opção do grão ter surtido um resultado negativo, realizou-se mais uma peça, seguindo o mesmo programa na mufla, mas com pó de vidro (Figs. 46 e 47), que se agarraria melhor ao molde.



Fig. 46: Processo de realização do *pâte-de-verre*. Fonte: Imagem da autoria de Simão Afonso (2025).



Fig. 47: Exemplo de um dos testes realizados em *pâte-de-verre* com vidro de garrafa Compal e Super Bock com pó de vidro. Fonte: Imagem da autora (2025).

Ocorreu um erro na subida de temperatura da mufla, pelo que a peça teve o mesmo problema, e, além disso, o vidro fundiu demais. Reparou-se, igualmente, numa racha, colocando-se a hipótese de um problema de incompatibilidade entre os vidros (Navarro, 2003). Neste sentido, realizaram-se pequenos provetes para testar a compatibilidade entre estes vidros (Fig. 48). Segundo os resultados, não foram detetadas incompatibilidades. Sendo assim, a racha obtida na última peça referida poderá ter sido resultado da sujidade que existia no vidro. Programa:

360’ ↑ 600°

0’ ↑ 830° ↔ 5’

0’ ↓ 30°



Fig. 48: Provetes de compatibilidade realizados após racha no teste em *pâte-de-verre*. Fonte: Imagem da autora (2025).

3.2.2. *Slumping*

Com os moldes cerâmicos existentes na Oficina de Vidro e Mosaico da FBAUP foram testadas fusões com *slumping* com vidro reciclado branco e castanho (Figs. 49 a 58). A opção por este tipo de moldes deveu-se à possibilidade de várias tiragens, obtendo-se uma série de peças iguais a nível de formas e curvaturas. Experimentaram-se temperaturas diferentes, desde fusões parciais a fusões totais. As parciais acabaram, mais tarde, por partir, resultando em alguns vidros descolados, devido a não terem fundido o suficiente. Optou-se por usar sempre a mesma mufla, a 9.



Fig. 49: Colocação da peça na mufla, à esquerda, e tiragem da peça da mufla, à direita. Fonte: Imagem da autoria de Simão Afonso (2025).

Amostra 1:

7h ↑ 600°

45’ ↑ 830° ↔ 5’

0’ ↓ 30°



Fig. 50: Amostra 1. Cacos de vidro em cima do molde, antes de ir à mufla. Fonte: Imagem da autora (2025).



Fig. 51: Amostra 1. Exemplo de um dos testes realizados em *slumping* com vidro branco e castanho. Fonte: Imagem da autora (2025).

Amostra 2:

7h ↑ 600°

45’ ↑ 770° ↔ 10’

0’ ↓ 30°



Fig. 52: Amostra 2. Cacos de vidro em cima do molde, antes de ir à mufla. Fonte: Imagem da autora (2025).

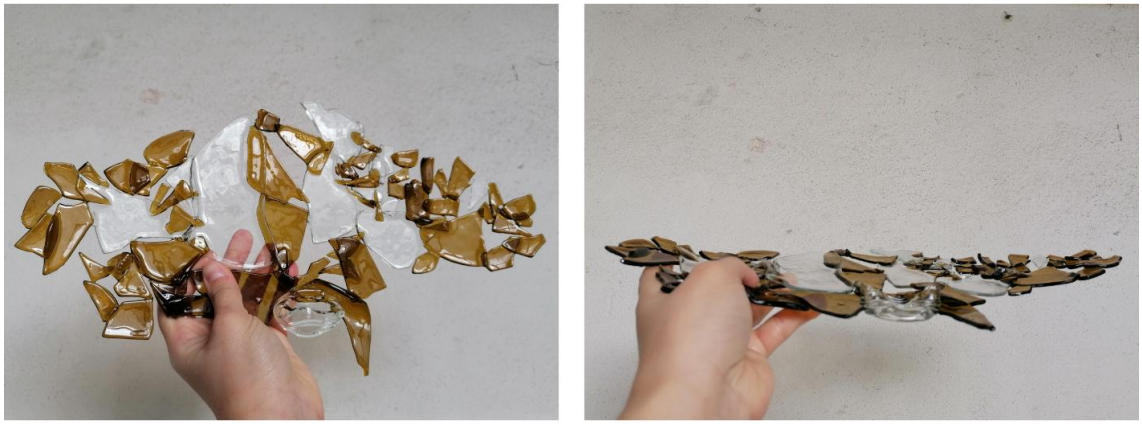


Fig. 53: Amostra 2. Exemplo de um dos testes realizados em *slumping* com vidro branco e castanho. Fonte: Imagem da autora (2025).

Amostra 3:

Primeiro *slumping*:

7h ↑ 600°

45’ ↑ 850° ↔ 3’

0’ ↓ 30°



Fig. 54: Amostra 3. Primeiro *slumping*. Exemplo de um dos testes realizados em *slumping* com vidro branco e castanho. Fonte: Imagem da autora (2025).

Segundo *slumping*:

7h ↑ 600°

45’ ↑ 830° ↔ 5’

0’ ↓ 30°



Fig. 55: Amostra 3. Segundo *slumping*. Exemplo de um dos testes realizados em *slumping* com vidro branco e castanho. Fonte: Imagem da autora (2025).

Amostra 4:

7h ↑ 600°

45’ ↑ 850° ↔ 5’

0’ ↓ 30°

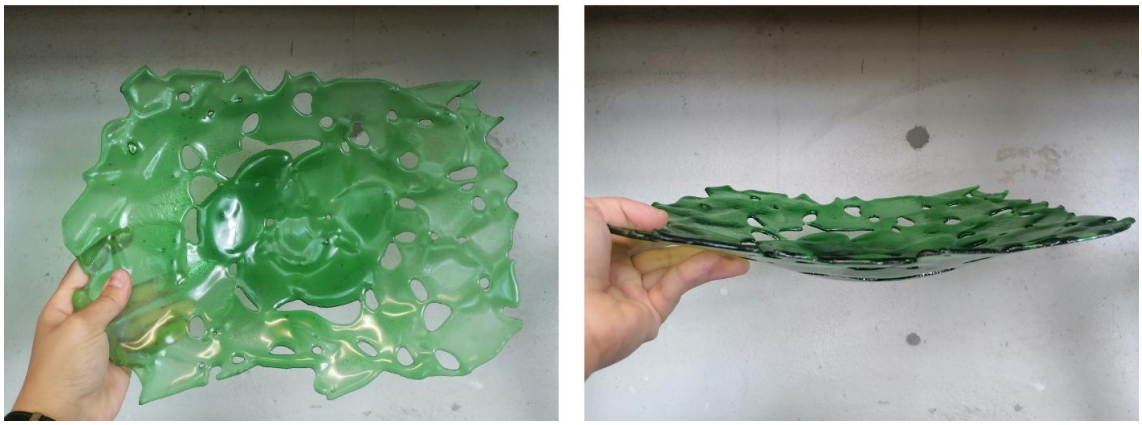


Fig. 56: Amostra 4. Exemplo de um dos testes realizados em *slumping* com vidro verde. Fonte: Imagem da autora (2025).

Amostra 5:

7h ↑ 600°

45’ ↑ 850° ↔ 5’

0’ ↓ 30°



Fig. 57: Amostra 5. Exemplo de um dos testes realizados em *slumping* com vidro branco. Fonte: Imagem da autora (2025).

Amostra 6:

7h ↑ 600°

45’ ↑ 850° ↔ 5’

0’ ↓ 30°



Fig. 58: Amostra 6. Exemplo de um dos testes realizados em *slumping* com vidro castanho. Fonte: Imagem da autora (2025).

3.2.3. *Casting*

Por fim, realizaram-se dois *kiln-castings* com vidros branco e castanho, com formatos idênticos e diferentes percentagens de cada vidro – um 70% de branco e 30% de castanho e o outro 70% de castanho e 30% de branco (Figs. 59 a 61). Através destas amostras verificou-se que esta técnica não seria facilmente exequível, devido aos moldes serem perdidos, destruídos após cada utilização, e, além disso, ser demorada a sua secagem, a qual deve ser realizada lentamente.



Fig. 59: Exemplo de um dos testes realizados em *casting* antes de ir à mufla, à esquerda, e depois, à direita. Fonte: Imagem da autoria de Simão Afonso (2025).



Fig. 60: Limpeza dos testes de *casting*. Fonte: Imagem da autoria de Simão Afonso (2025).

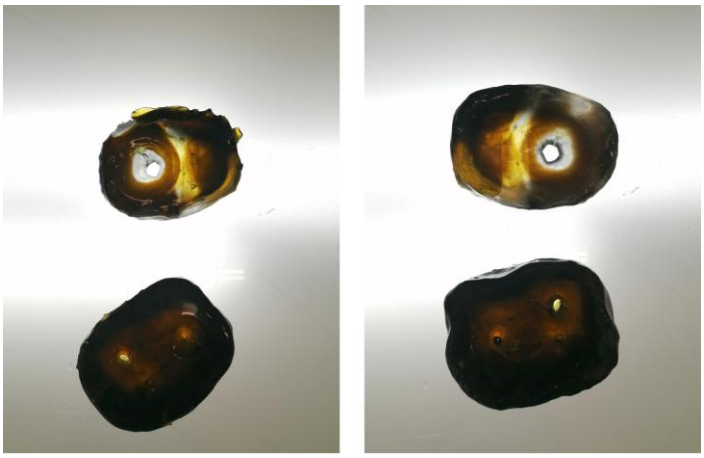


Fig. 61: Exemplo de um dos testes realizados em *casting*. Fonte: Imagem da autora (2025).

3.3. Provetes

3.3.1. Análise dos desperdícios, seleção e preparação

Posteriormente às primeiras amostras, e à medida que se foram realizando mais experiências com vidro desperdiçado, foram sendo recolhidas garrafas em cafés, restaurantes, e os próprios colegas da faculdade contribuíram para o projeto (Fig. 62).



Fig. 62: Garrafas recolhidas, facultadas pelos colegas da faculdade. Fonte: Imagem da autora (2025).

Das garrafas obtidas, percebeu-se um padrão de consumo tanto da faculdade como dos próprios cafés e restaurantes, sendo as marcas mais consumidas Compal e Super Bock. Além disso, a fábrica onde são produzidas maior parte das garrafas é a BA, optando-se pela seleção de garrafas somente provenientes desta fábrica, por questão de compatibilidade entre os vidros (Navarro, 2003). Assim, selecionaram-se as seguintes marcas: para vidro branco a Compal, a Castello e a Pedras, para castanho a Super Bock, a Bandida do Pomar e a Somersby, e para verde Pedras. Muitos estabelecimentos realizam acordos com marcas de bebidas para que as garrafas, após o seu uso, sejam devolvidas para serem recicladas ou reutilizadas. Este sistema de tara é principalmente comum na Super Bock, visando incentivar o consumidor a que este vidro continue o seu ciclo de vida útil, contribuindo para a economia circular e sustentabilidade. Quando não se realiza a reciclagem corretamente, o vidro pode ficar contaminado por outros materiais ou cores. O vidro branco é facilmente contaminado por outras cores, enquanto o castanho tolera até 8% e o verde até 15% (der Grune Punkt, n.d.), por isso é relevante haver uma separação por cores, como acontece já em alguns países.

Este vidro, também denominado por "soda-cal", devido à sua composição – óxido de sílica (59 a 80%), óxido de cálcio (5 a 12%), óxido de alumínio (0.5 a 3%), óxido de boro, óxido de potássio e óxido de magnésio – é o mais utilizado no mundo. Para as garrafas de cor são adicionados outros componentes como ferro, carbono e enxofre, para o caso dos castanhos, ou óxido de crómio, nos verdes (Qizi e Tahirovich, 2022). Não é o vidro indicado para vitrofusão, ficando com bolhas, ou, por vezes, baço, quando vai à mufla várias vezes a temperaturas muito elevadas. Ainda assim, é possível adequar o programa da mufla, com subidas e descidas lentas. É crucial reconhecer os potenciais para o design do vidro reciclado, em consonância com as técnicas de *kiln-forming*.

Conforme realizado anteriormente, as garrafas foram lavadas, tiraram-se os rótulos e partiram-se manualmente (Pereira et al., 2022). Alguns cacos limparam-se, mais uma vez, com álcool, de modo a não ficar nenhum vestígio de pó de vidro, cola ou outro contaminante. Os outros cacos foram triturados com um almofariz e um pilão de ferro e estes grãos foram lavados (Capítulo 3.2., Tabela 2).

Esta fase de testes teve como objetivo compreender o comportamento do vidro residual, submetido a diferentes temperaturas, em distintos tamanhos e granulometrias, bem como as propriedades inerentes a cada cor de garrafa. Os provetes serviram de base para as experiências subsequentes, até às peças finais, procurando como atribuir valor a um desperdício. É relevante salientar que, subsequentemente a cada fase, como referido anteriormente, os resultados

foram analisados com a equipa de orientação e colegas de mestrado. Neste caso, discutiu-se quais seriam as amostras a realizar, ou seja, que testes deveriam ser feitos de acordo com as possibilidades do material. Neste seguimento, foram realizados provetes, com várias finalidades, ao longo dos meses de fevereiro a março de 2025, apresentados nos seguintes subcapítulos:

- Compatibilidades: testaram-se as três cores de vidro para verificar se seriam compatíveis na fusão sem causar tensões e, consequentemente, rachas;
- Temperaturas para fusão: determinaram-se os intervalos térmicos adequados para fusão do vidro, garantindo a integridade das peças e temperatura de fusão ideal;
- Formas: experimentaram-se duas geometrias, circular e quadrada, com variações de tamanho, de modo compreender como o vidro reage e se adapta a diferentes moldes e formas;
- Temperaturas para *slumping*: Realizaram-se testes de conformação do vidro por gravidade, aquecendo-o para que assumisse a forma do molde, desde o mínimo de temperatura possível para o vidro se mexer, até estar totalmente com o formato pretendido do *slumping*.

3.3.2. Compatibilidades

Realizaram-se provetes de compatibilidade entre as diferentes cores: branco e verde, branco e castanho, verde e castanho, e branco, verde e castanho. Utilizaram-se cacos de cerca de 5cm para as amostras. Realizaram-se na mufla C, segundo o programa:

1h30 ↑ 95° ↔ 30’

7h ↑ 575°↔ 15’

0’ ↑ 850° ↔ 3’

0’ ↓ 575° ↔ 3h

3h’ ↓ 470° ↔ 2h

2h’ ↓ 370° ↔ 1h

3h ↓ 70°

Em *O vidro: Técnicas de trabalho de forno* (Beveridge et al., 2004), os autores alertam para a viscosidade e o coeficiente de dilatação, que afetam a compatibilidade entre os vidros. Os autores resumem:

> Considera-se que dois vidros são compatíveis quando os seus coeficientes de dilatação coincidem, quer dizer, quando se dilatam e contraem ao mesmo tempo. [...] O coeficiente de expansão afeta a compatibilidade dos vidros especialmente durante a primeira parte do ciclo de cozedura, desde a temperatura ambiente até ao ponto de tensão. Por seu turno, a viscosidade interfere na compatibilidade desde o ponto de tensão até ao ponto de temperado [...] se o vidro for menos viscoso do que o outro, ocorrerão tensões entre ambos durante a fase de temperado. (pp. 58-59)

A investigadora Cassandra Pereira informou, em discussões informais, que o vidro branco e castanho têm um coeficiente de dilatação semelhante, pelo que, à partida, são compatíveis. Já o verde difere bastante, tanto em comparação com os outros, como entre vidros verdes produzidos em diferentes fábricas.

Os resultados destes provetes, no entanto, não coincidiram com o esperado. Ao fim de 48 horas, os quatro provetes ainda estavam intactos (Fig. 63). Somente ao fim de duas semanas, o provete com as três cores, branco, verde e castanho, rachou (Fig. 64). Os outros não modificaram até ao final da investigação, passados 4 meses (Tabela 3). Cientificamente, a opção mais viável é utilizar um polariscópio, um aparelho que permite verificar a existência de tensões no interior do vidro. Relativamente ao coeficiente de dilatação ou coeficiente de expansão térmica (COE), é possível identificar com um dilatómetro[8]. Sabendo o COE dos diferentes vidros, sabe-se se estes são compatíveis, e, se os COE forem muito distintos, a peça pode criar estas tensões e partir.

> Normalmente considera-se que dois vidros são compatíveis se a diferença entre o COE for menor que 0.5x10-6 °C-1 (NAVARRO: 2003, 382-396), no intervalo de temperatura de 25°C a 300°C. Quando se utilizam dois vidros com uma diferença de COE que é superior a 0.5x10-6 °C-1 ocorrem fracturas (sedas) no interior do objecto. (Almeida, 2011, p. 207)

[8] O polariscópio e o dilatómetro são equipamentos que as fábricas e laboratórios especializados possuem, mas não os estúdios nem a faculdade.

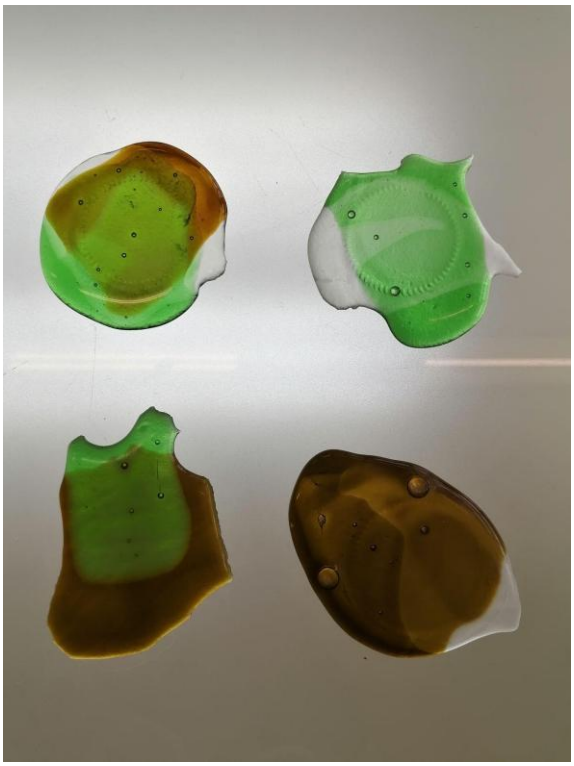


Fig. 63: Provetes de compatibilidade ao fim de 48 horas. Fonte: Imagem da autora (2025).



Fig. 64: Provetes de compatibilidade ao fim de 2 semanas. Fonte: Imagem da autora (2025).

	combinação de cores	compatibilidade
	branco + verde	compatível
	branco + castanho	compatível
	verde + castanho	compatível
	branco + verde + castanho	incompatível

Tabela 3: Resumo dos resultados dos provetes de compatibilidades. Tabela da autora (2025).

Posteriormente, ao utilizar as cores em peças maiores, o resultado foi diferente e coincidiu com as informações da investigadora Cassandra: as peças verdes racham, devido a COE diferentes, tanto com vidro branco como com vidro castanho (Capítulo 3.4.3.2.). Ainda mais tarde, em algumas peças de maior escala, as que tinham mistura de branco e verde racharam, bem como as de branco e castanho (Capítulo 3.5.1).

3.3.3. Temperaturas para fusão

Segundo as investigações de Oseng et al. (2009), o tamanho do fragmento, a temperatura e o tempo de patamar na fusão afetam a resistência das peças. Nesta sequência, foram conduzidos provetes, de 4 x 8 cm, levados à mufla de 20 em 20 graus. Para estes provetes utilizou-se branco, verde e castanho, não só sozinhos, como também fundidos entre si. As temperaturas foram de

730°C a 870°C, tendo em conta os pontos de fusão do vidro estudados, e com um patamar de 5 minutos. Para referência, foram conduzidos sempre na mufla 9, com o seguinte programa:

7h ↑ 600°

45’ ↑ 730° – 870° ↔ 5’

0’ ↓ 30°

Realizou-se uma série com pó de vidro e granulometria 1mm e 2mm, e de diferentes espessuras (2mm, 4mm e 6mm) (Figs. 65 a 74). Verificou-se, com estas experimentações, que os vidros têm temperaturas de fusão diferentes, sendo o mais alto o branco e o mais baixo o castanho. Tendo isto em conta, para o pó de vidro e 1mm e 2mm, as temperaturas ideais, considerando os três, são de 770°C e 790°C (Figs. 68 e 69). Verificou-se, igualmente, bastante fragilidade nos provetes de 730°C (Fig. 66 e Tabela 4).



Fig. 65: Provetes de temperaturas para fusão antes de ir à mufla (granulometria menor). Fonte: Imagem da autora (2025).



Fig. 66: Provetes a 730° (granulometria menor). Fonte: Imagem da autora (2025).

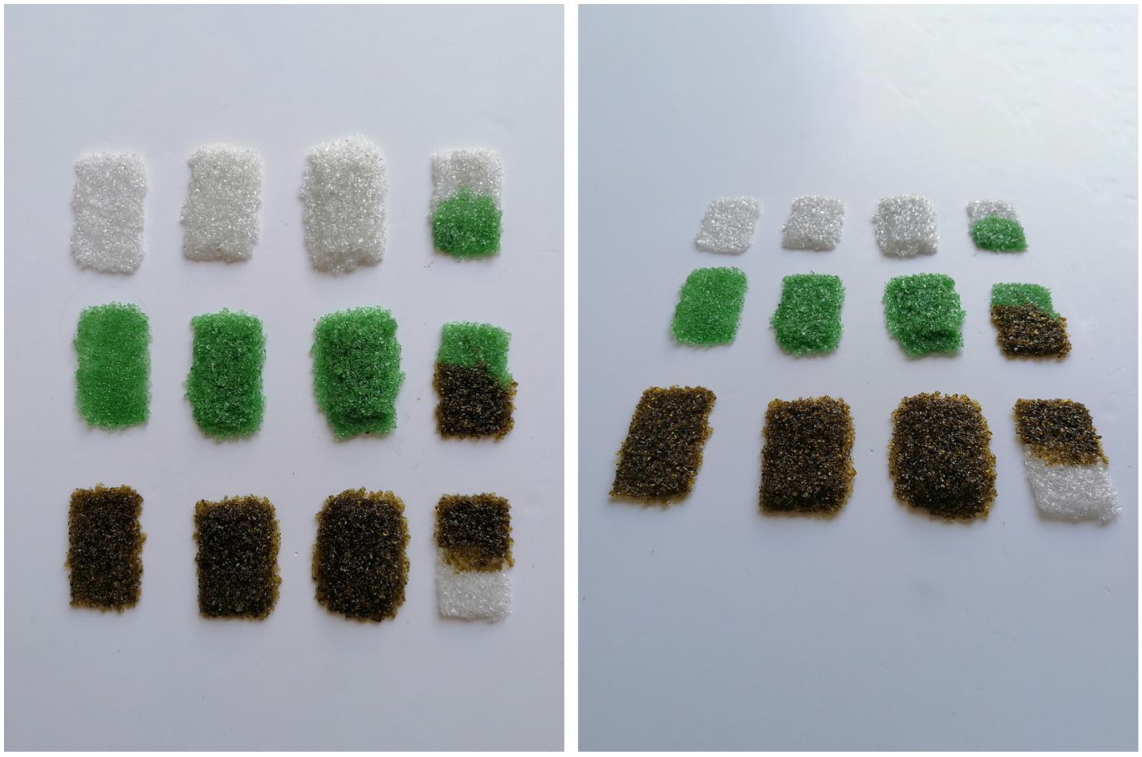


Fig. 67: Provetes a 750° (granulometria menor). Fonte: Imagem da autora (2025).

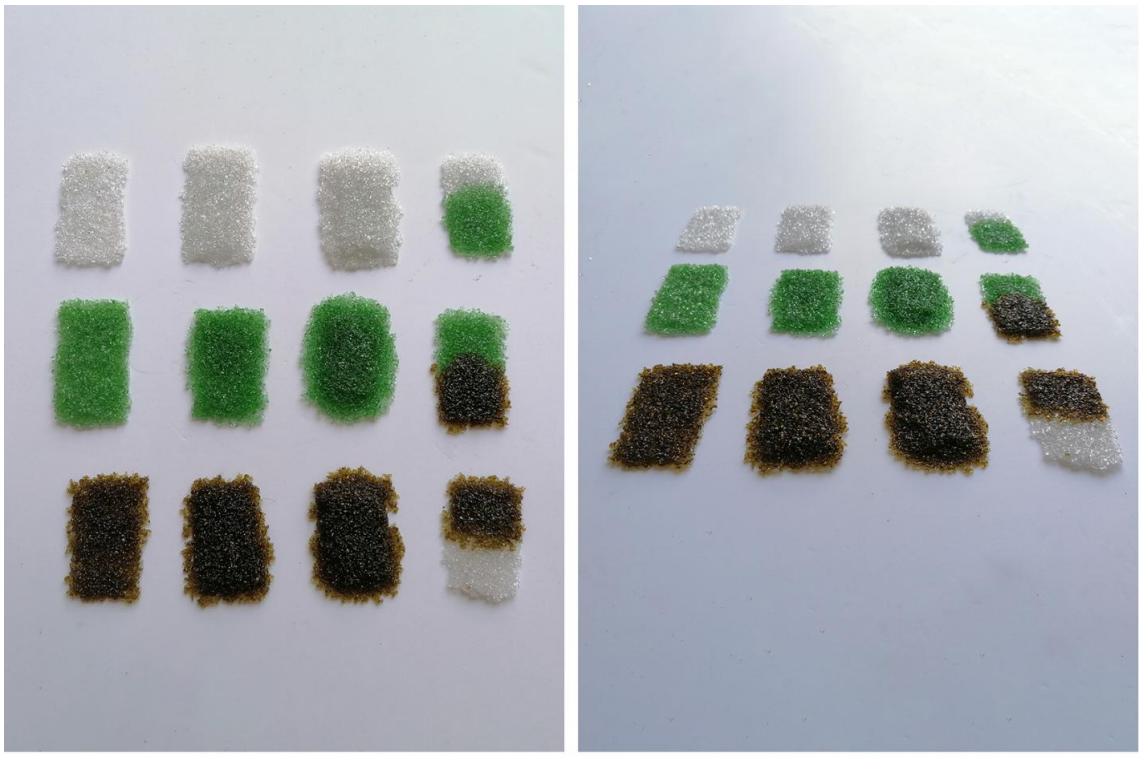


Fig. 68: Provetes a 770° (granulometria menor). Fonte: Imagem da autora (2025).

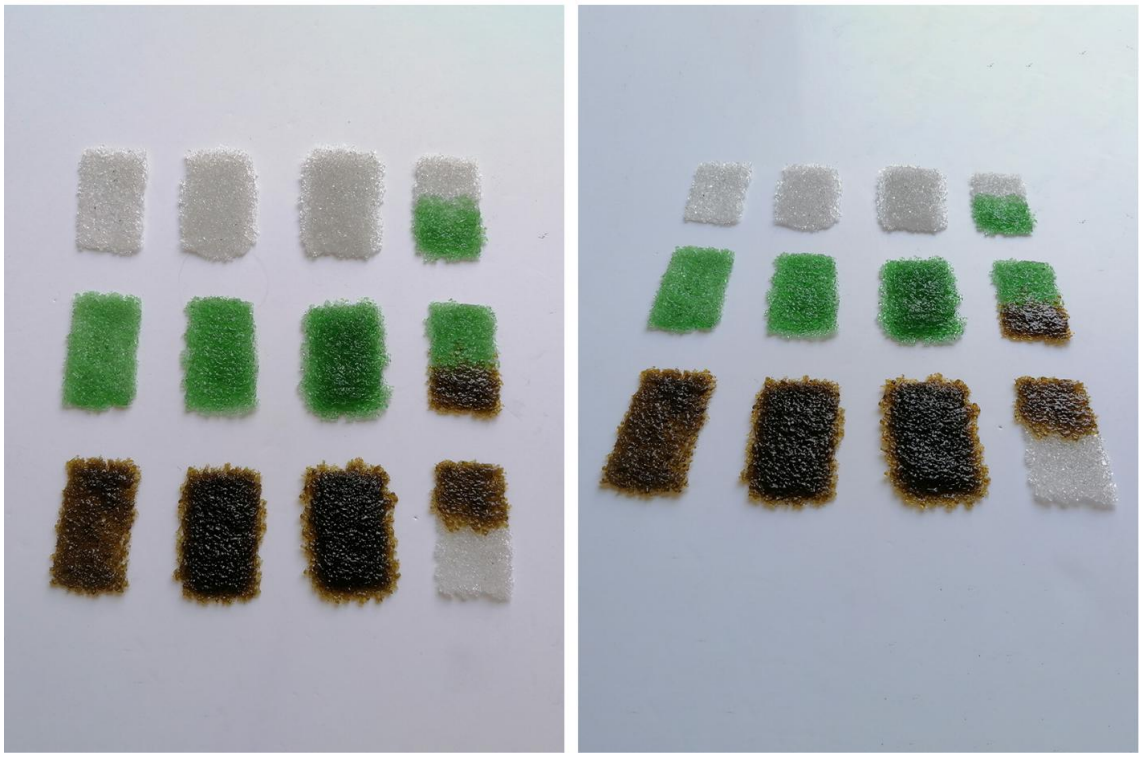


Fig. 69: Provetes a 790° (granulometria menor). Fonte: Imagem da autora (2025).

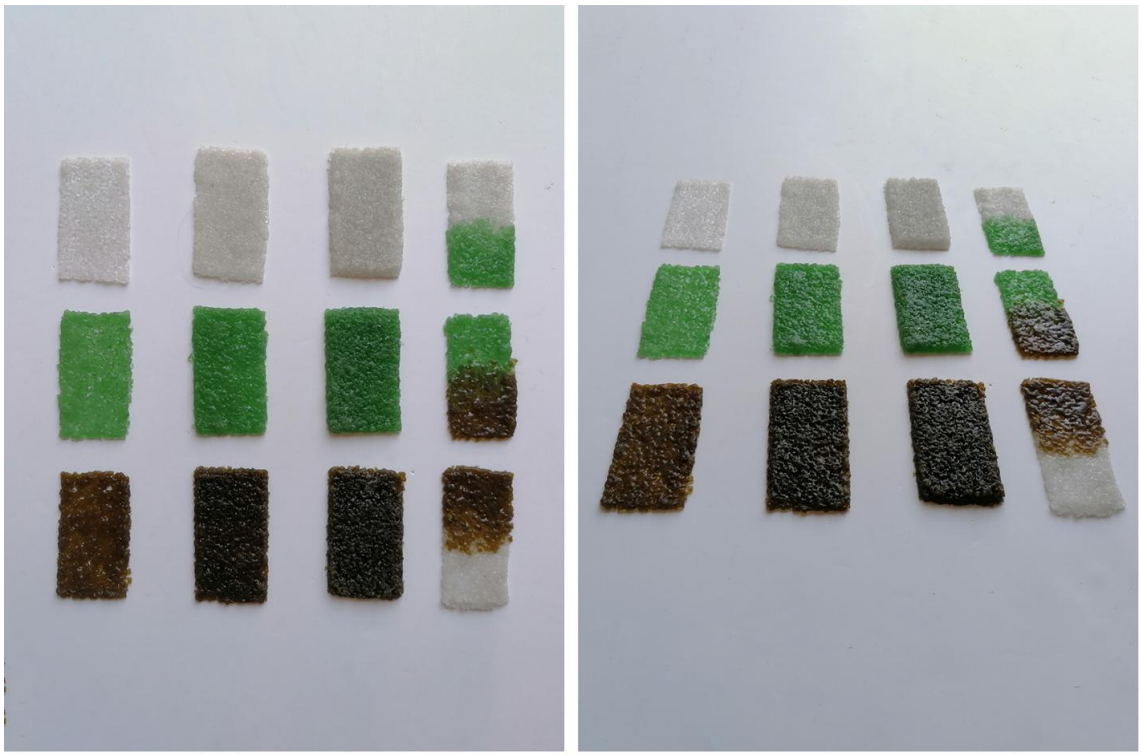


Fig. 70: Provetes a 810° (granulometria menor). Fonte: Imagem da autora (2025).

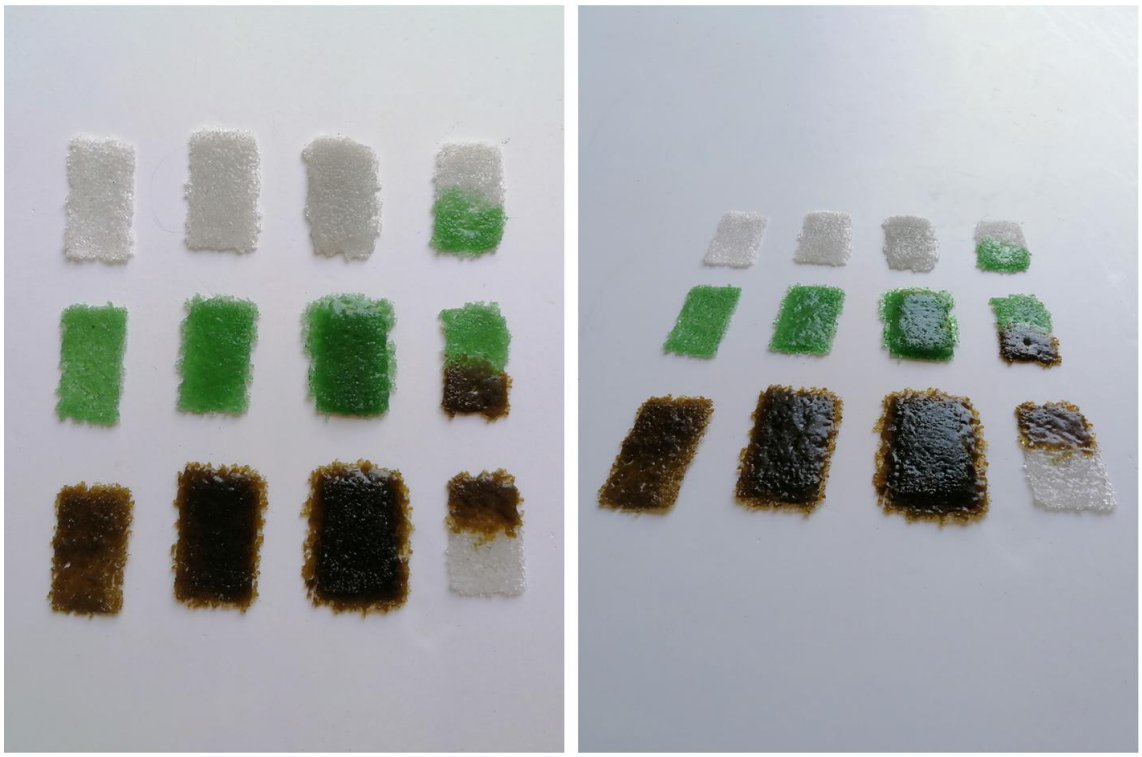


Fig. 71: Provetes a 830° (granulometria menor). Fonte: Imagem da autora (2025).

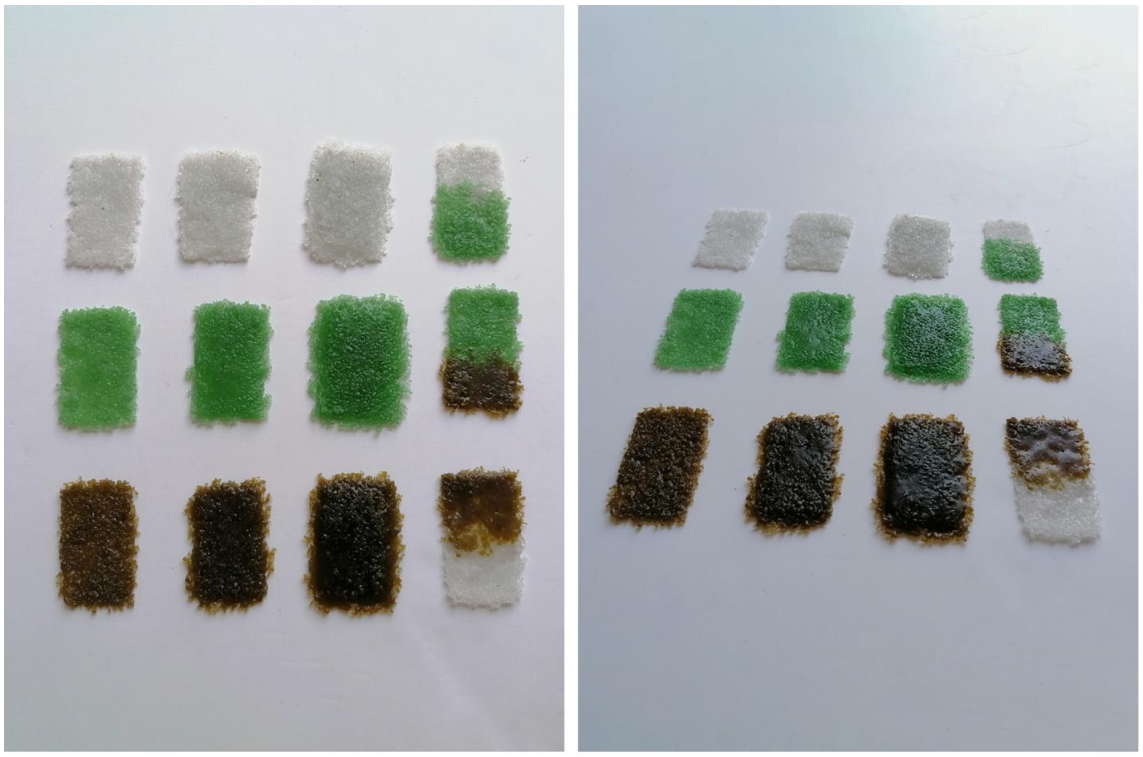


Fig. 72: Provetes a 850° (granulometria menor). Fonte: Imagem da autora (2025).

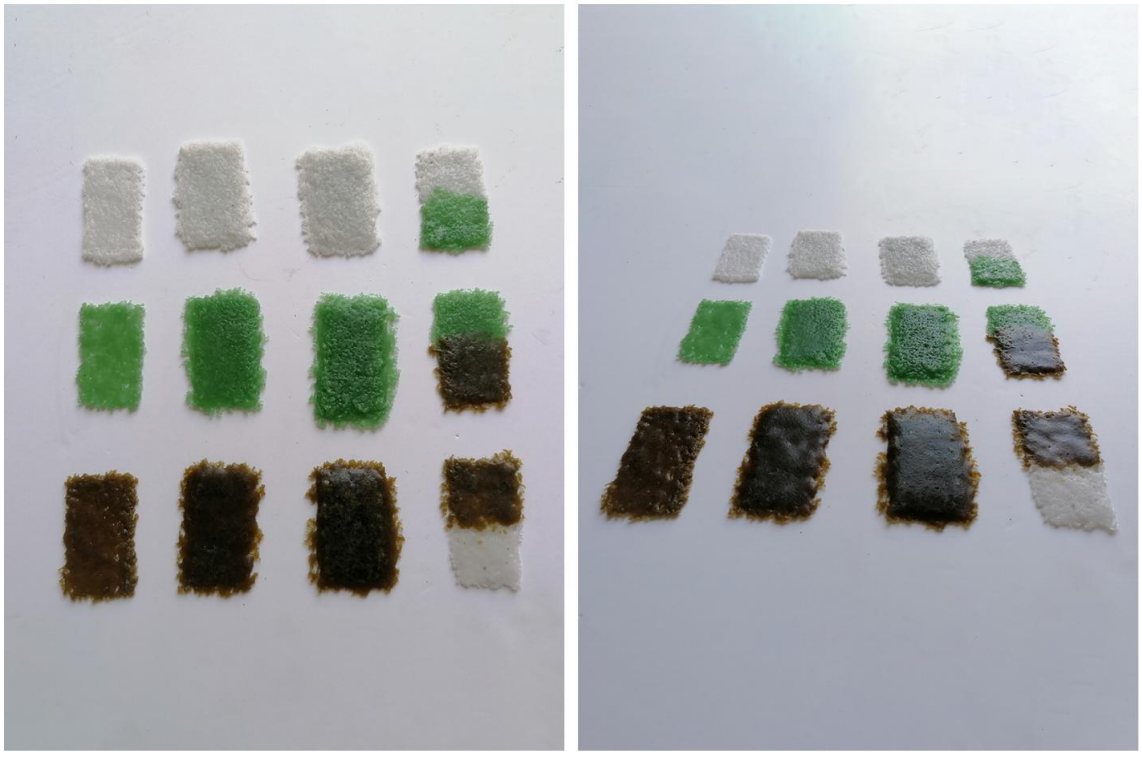


Fig. 73: Provetes a 870° (granulometria menor). Fonte: Imagem da autora (2025).



Fig. 74: Caixas com os provetes (granulometria maior). Fonte: Imagem da autora (2025).

A outra série realizada foi com granulometria maior, entre 3mm a 5mm (Figs. 75 a 83). Perante estes resultados, com esta granulometria, os provetes com melhores resultados foram a temperaturas de 830°C e 850°C (Figs. 80 e 81). Além disso, verificou-se que os provetes de 730°C e 750°C ficaram frágeis e os grãos pouco fundidos, e facilmente se desfizeram (Figs. 75 e 76 e Tabela 4).



Fig. 75: Provetes a 730° (granulometria maior). Fonte: Imagem da autora (2025).



Fig. 76: Provetes a 750° (granulometria maior). Fonte: Imagem da autora (2025).



Fig. 77: Provetes a 770° (granulometria maior). Fonte: Imagem da autora (2025).



Fig. 78: Provetes a 790° (granulometria maior). Fonte: Imagem da autora (2025).



Fig. 79: Provetes a 810° (granulometria maior). Fonte: Imagem da autora (2025).



Fig. 80: Provetes a 830° (granulometria maior). Fonte: Imagem da autora (2025).



Fig. 81: Provetes a 850° (granulometria maior). Fonte: Imagem da autora (2025).



Fig. 82: Provetes a 870° (granulometria maior). Fonte: Imagem da autora (2025).



Fig. 83: Caixas com os provetes (granulometria maior). Fonte: Imagem da autora (2025).

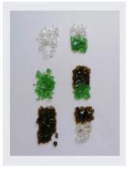
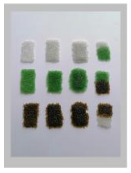
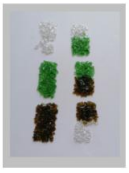
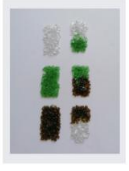
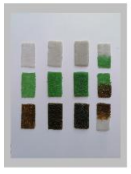
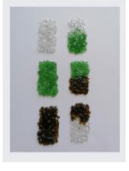
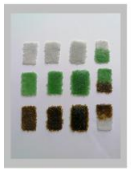
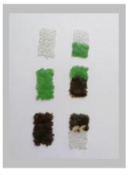
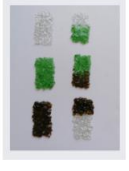
grão menor	grão maior	temperatura	patamar	resultados
		730°	5'	fragilidade em ambos (fusão mínima, grãos apenas colados)
		750°	5'	fragilidade nos provetes com grão maior
		770°	5'	temperatura ideal para provetes com grão menor (fusão parcial)
		790°	5'	temperatura boa para provetes com grão menor
		810°	5'	provetes com grão menor começam a ficar opacos
		830°	5'	temperatura boa para provetes com grão maior (fusão total)
		850°	5'	temperatura ideal para provetes com grão maior
		870°	5'	temperatura demasiado alta, ambos ficam opacos e baços

Tabela 4: Resumo dos resultados dos provetes de temperaturas para fusão. Fonte: Tabela da autora (2025).

3.3.4. Formas

Com moldes, foram realizados provetes circulares e quadrados, esclarecendo-se, com estes, a reação do vidro a formas circulares e retas. Inicialmente, produziram-se moldes de gesso e sílica, com tamanhos de 5 x 5 cm e 10 x 10 cm (Figs. 84 e 85). Nestes colocou-se vidro em pó e de granulometria 1mm e 2mm (Fig. 86), optando-se pela temperatura de melhor resultado, os 770°C (Figs. 87 a 89). Estes moldes não tinham prisões, por isso a tiragem das peças foi facilitada e, além disso, não tiveram de ser destruídos para a peça sair. Os moldes demoraram cerca de duas semanas a secar[9]. Antes de colocar o vidro, depositou-se, com auxílio de uma peneira, pó de caulino, de forma a ajudar no processo de desmoldagem, o que se revelou eficaz. Ao fim das três tiragens (vidro branco, vidro verde e vidro castanho) o molde foi descartado, devido a fissuras que foram aparecendo com as idas à mufla (como mencionado no capítulo 2.2., os moldes de gesso têm a vida útil curta). Seguiu-se o seguinte programa:

7h ↑ 600°

35’ ↑ 770° ↔ 5’

0’ ↓ 30°



Fig. 84: Positivo em barro para a conceção de moldes de gesso e sílica. Fonte: Imagem da autora (2025).

[9] À beira de um aquecedor e, posteriormente, debaixo de uma mufla, para que fosse mais rápida a secagem.



Fig. 85: Moldes de gesso e sílica. Fonte: Imagem da autora (2025).



Fig. 86: Colocação do vidro nos moldes de gesso e sílica. Fonte: Imagem da autora (2025).



Fig. 87: Provetes de formas circular e quadrada com vidro branco (granulometria menor). Fonte: Imagem da autora (2025).

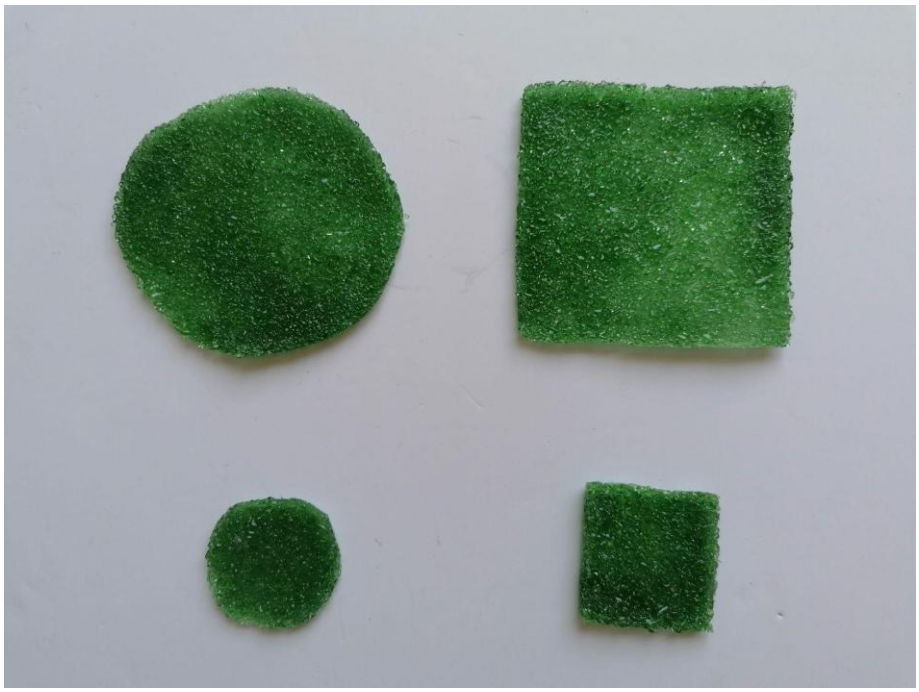


Fig. 88: Provetes de formas circular e quadrada com vidro verde (granulometria menor). Fonte: Imagem da autora (2025).



Fig. 89: Provetes de formas circular e quadrada com vidro castanho (granulometria menor). Fonte: Imagem da autora (2025).

Paralelamente, construíram-se moldes cerâmicos, com grés branco com chamote fino. Estes tiveram em consideração os mesmos formatos, circular e quadrado, mas com variações de

tamanho, de 4 x 4 cm, 8 x 8 cm e 12 x 12 cm. Estes moldes suportam mais tiragens, ao contrário dos de gesso e sílica (capítulo 2.2.). Construíram-se na Oficina de Cerâmica da FBAUP, foram chacotados (950°C), e pincelou-se uma mistura desmoldante de caulino (50%) e água (50%). Para estes utilizou-se a granulometria superior, entre 3mm a 5mm (Fig. 90), a uma temperatura de 850°C (Figs. 91 a 93), seguindo o programa:

7h ↑ 600°

45’ ↑ 850° ↔ 5’

0’ ↓ 30°



Fig. 90: Colocação do vidro nos moldes cerâmicos. Fonte: Imagem da autoria de Simão Afonso (2025).



Fig. 91: Provetes de formas circular e quadrada com vidro branco (granulometria maior). Fonte: Imagem da autora (2025).

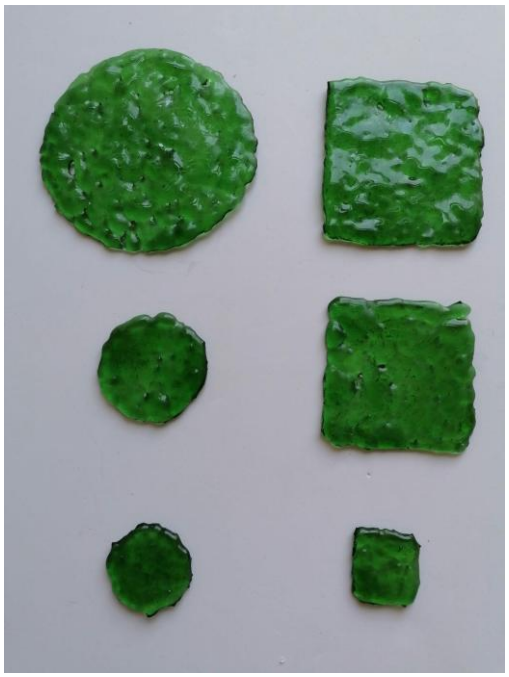


Fig. 92: Provetes de formas circular e quadrada com vidro verde (granulometria maior). Fonte: Imagem da autora (2025).



Fig. 93: Provetes de formas circular e quadrada com vidro castanho (granulometria maior). Fonte: Imagem da autora (2025).

Clarificou-se que é possível delinear os limites do vidro com o auxílio de um molde. As formas com o grão menor ficaram mais delineadas, uma vez que o vidro retraiu mais à temperatura de 850°C. Além disso, aos 770°C o vidro está mais aglomerado, contudo tem um acabamento

granulado. Por outro lado, nos 850°C são evidentes as interseções entre os vidros, apesar de estar bastante fundido o material (Tabela 5).

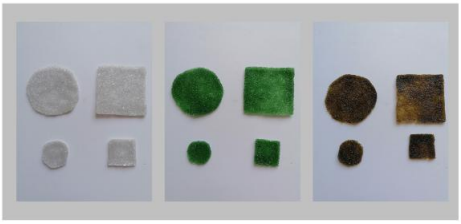
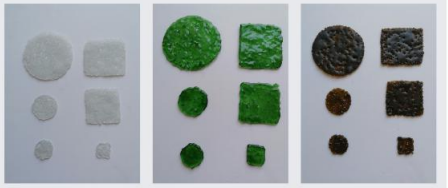
	formas	temperatura e patamar	resultados
grão menor		770° ↔ 5’	grãos de vidro mais aglomerados; formas delineadas, tanto curvas como retas; vidro pouco fundido, pelo que se nota os grãos
grão maior		850° ↔ 5’	grãos de vidro com alguns buracos entre si; formas pouco delineadas; vidro bastante fundido, contudo nota-se as interseções entre os grãos

Tabela 5: Resumo dos resultados dos provetes de formas. Tabela da autora (2025).

3.3.5. Temperaturas para *slumping*

Concluindo os provetes, realizaram-se testes em moldes cerâmicos (em grés com chamote fino) convexos, um com uma ligeira curvatura e outro com verticalidade acentuada (Fig. 94), de modo a verificar como se moldam à peça, submetidos a cada temperatura. Para as experiências realizaram-se mais peças retangulares, iguais às dos provetes de temperatura com granulometria superior, à temperatura de 850°C.

Aqui, numa segunda ida à mufla, as peças foram submetidas a temperaturas com intervalos de 20 em 20 graus, iniciando-se nos 660°C e até aos 760°C (Figs. 95 e 96), sempre na mesma mufla, a 9 da FBAUP, para referência, e segundo a revisão de literatura:

7h ↑ 600°

35’ ↑ 660° – 760° ↔ 5’

0’ ↓ 30°

À temperatura mínima (660°C) as peças praticamente não curvaram, enquanto à temperatura máxima (760°C) moldaram-se totalmente à peça de grés. Assim, clarificou-se a mínima

temperatura para o vidro cair, pela gravidade, bem como a mínima temperatura necessária para realizar o *slumping* (Tabela 6).



Fig. 94: Provetes de temperaturas para *slumping* à máxima temperatura (760°) em cima dos moldes cerâmicos. Fonte: Imagens da autora (2025).



Fig. 95: Provetes de temperaturas para *slumping* desde os 660° (à frente) aos 760° (atrás). Fonte: Imagem da autora (2025).



Fig. 96: Comparação dos provetes de temperaturas para *slumping* à temperatura inferior, 660° (à frente), e superior, 760° (atrás). Fonte: Imagem da autora (2025).

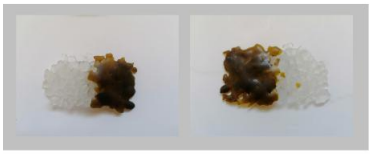
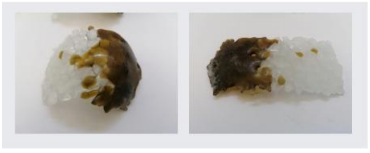
	temperatura	patamar	resultados
	660°	5'	quase sem deformação
	680°	5'	curva ligeira
	700°	5'	deformação parcial
	720°	5'	início da moldagem
	740°	5'	moldagem praticamente completa
	760°	5'	moldagem completa

Tabela 6: Resumo dos resultados dos provetes de temperaturas para *slumping*. Tabela da autora (2025).

3.4. Plano experimental: Aplicação do vidro em moldes

Para moldar o vidro na mufla (*slumping*) são necessários moldes que podem ser de gesso e sílica, cerâmica ou de metais com temperatura de fusão elevados, como aço inox ou ferro (Navarro, 2003). No capítulo 2.2. foram apresentadas imagens exemplificativas.

Neste seguimento, foram conduzidas experiências laboratoriais, tanto em moldes de aço inox como em moldes cerâmicos. Em ambos, percebeu-se a necessidade de aplicar um desmoldante, para que a peça de vidro não se agarre ao molde e cause tensões – neste caso, foi utilizada uma mistura de 50% caulino e 50% água.

O presente plano experimental decorreu desde março a maio de 2025, e teve em consideração os resultados dos provetes realizados.

3.4.1. Experiências com moldes de aço inox

Adquiriram-se utensílios de cozinha, como formas para bolos e pão, assim como taças, de diferentes tamanhos e formatos. O intuito desta seleção foi perceber o potencial de objetos do quotidiano para a termofusão e *slumping* do vidro. As formas selecionadas, com relevos e concavidades, permitiram esclarecer o potencial do vidro se moldar às mesmas.

Para estas peças optou-se por fazer, primeiramente, uma fusão parcial dos cacos de vidro na mufla, ou seja, transformá-los numa placa horizontal (Fig. 97), e, numa segunda ida à mufla, realizar o *slumping* a uma alta temperatura (Fig. 98). Foi um método diferente, invertendo-se a ordem do processo em relação aos provetes realizados. Esta abordagem permitiu explorar diferentes estratégias de produção viáveis, fazendo a comparação com os dois métodos (fusão a alta temperatura + *slumping* a baixa ou fusão a baixa temperatura + *slumping* a alta) em termos de controlo de forma e integridade estrutural. Para os primeiros moldes não se pincelou a mistura desmoldante de caulino, o que criou tensões entre o vidro e o aço inox, estilhaçando o vidro, que ficou fundido com o molde (Fig. 99). Subsequentemente a este resultado, em outro molde, lixou-se a camada externa do metal e aplicou-se a mistura desmoldante (Figs. 100 e 101). Foram, uma primeira vez à mufla C, para fundir, segundo o programa:

7h ↑ 575° ↔ 5’

0’ ↑ 700° ↔ 10’

0’ ↓ 575° ↔ 3h

3h ↓ 470° ↔ 2h

2h ↓ 370° ↔ 1h

3h ↓ 70°

E, uma segunda vez, a fazer o *slumping*:

7h ↑ 575° ↔ 5’

0’ ↑ 800° ↔ 3’

0’ ↓ 575° ↔ 6h

6h ↓ 470° ↔ 5h

5h ↓ 370° ↔ 2h

6h ↓ 70°



Fig. 97: Vidro na mufla, antes da fusão, à esquerda, e depois da fusão, à direita. Fonte: Imagem da autora (2025).



Fig. 98: Placas de vidro fundidas na mufla, em cima dos moldes, antes do *slumping.* Fonte: Imagem da autora (2025).



Fig. 99: Exemplos de testes realizados em *slumping* com moldes metálicos. Fonte: Imagem da autora (2025).

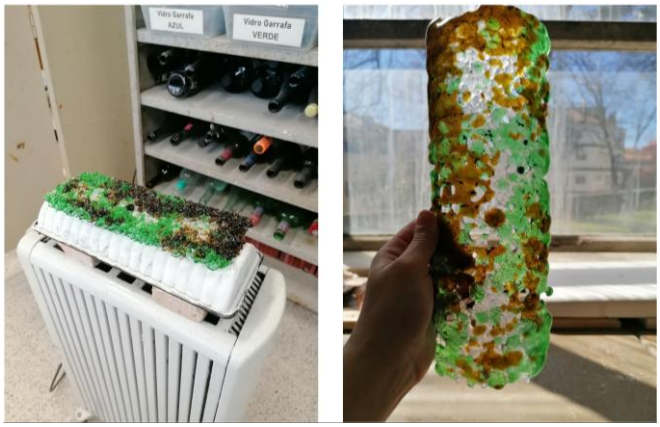


Fig. 100: Exemplo 1 de teste realizado em *slumping* com molde metálico, com aplicação de desmoldante (50% caulino + 50% água). À esquerda, molde com desmoldante a secar em cima de um aquecedor, para acelerar o processo, e, à direita, *slumping* que facilmente se desmoldou do molde. Fonte: Imagem da autora (2025).



Fig. 101: Exemplo 2 de teste realizado em *slumping* com molde metálico, com aplicação de desmoldante (50% caulino + 50% água). Fonte: Imagem da autora (2025).

3.4.2. Construção dos primeiros moldes cerâmicos

Posteriormente às experiências com moldes de aço inox, iniciou-se a construção de pequenos moldes cerâmicos, na Oficina de Cerâmica da FBAUP. Para tal, utilizaram-se ferramentas de modelação 3D (SolidWorks) (Fig. 102) e imprimiu-se em 3D com PLA (Fig. 103). Estas impressões serviram de base para serem realizados os moldes. Primeiramente, realizaram-se peças pequenas, para testes de verticalidade, verificar se era mais eficaz colocar-se o vidro do lado de dentro ou de fora do molde, e, seguidamente, aumentou-se a escala.

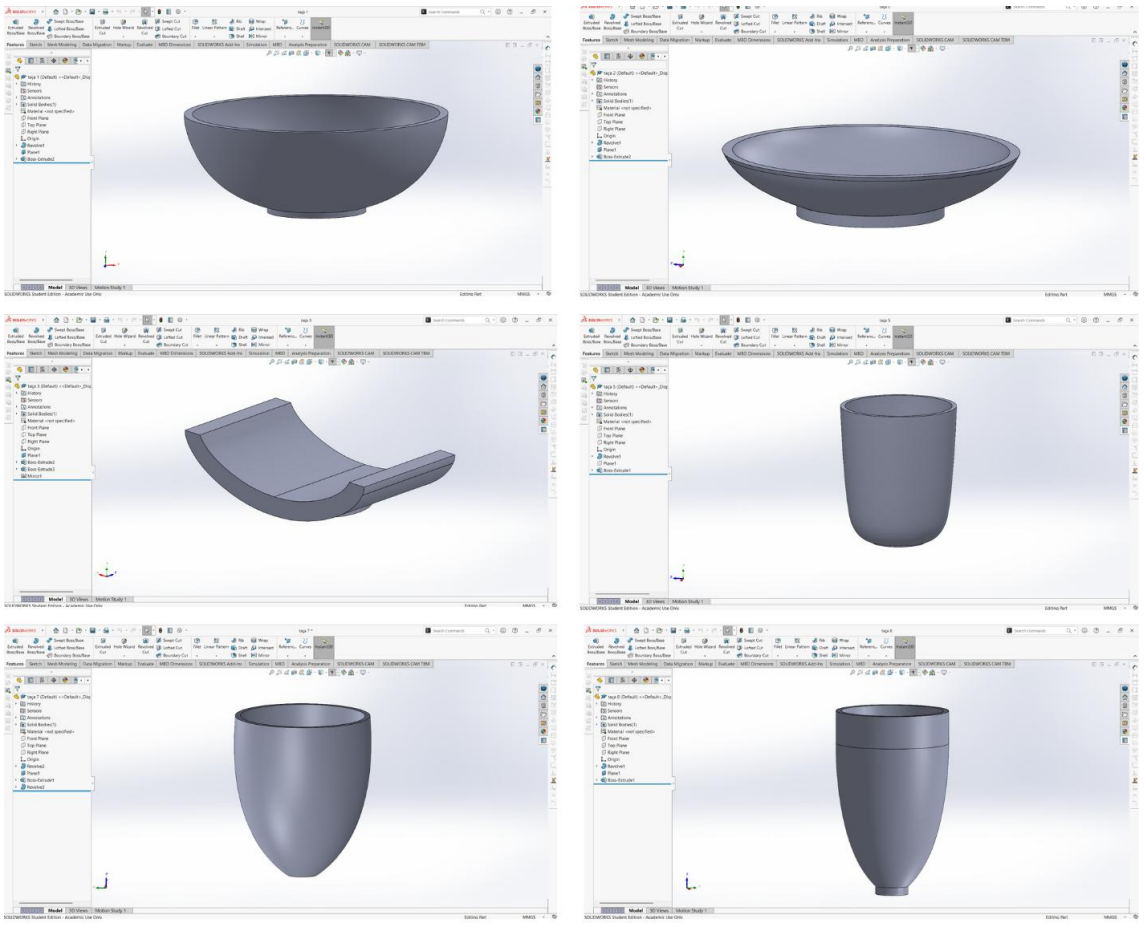


Fig. 102: Modelações dos moldes cerâmicos para teste. Fonte: Imagem da autora (2025).



Fig. 103: Impressões 3D com PLA para os moldes cerâmicos para teste. Fonte: Imagem da autora (2025).

Para a construção dos moldes partiu-se, como referido, de impressões 3D. A pasta indicada para *slumping* do vidro é o grés com chamote fino, por ser resistente, pouco porosa e estável (Cummings, 2009). O chamote ajuda na resistência e reduz a retração, optando-se pelo fino para que este não fosse evidente e passasse o relevo para as peças de vidro. Assim, selecionou-se a Prai[10]. Com esta pasta realizaram-se lastras, quer manualmente, quer na lastradeira, que se posicionaram dentro das impressões 3D (Fig. 104), para que, ao retrair até ao seu estado verde, não quebrasse (Fig. 105). Foram retirados dos moldes em estado de couro (Fig. 106) e, depois, a chacotar aos 950°C e, foi o suficiente para manter a integridade, uma vez que o vidro não necessitaria de atingir temperatura tão alta quanto essa. Antes de ser colocado o vidro por cima, pincelou-se o desmoldante de caulino (Fig. 107).

[10] Argila branca de grés com 40% de chamote fino (0-0,2 mm) e 20% de humidade, ideal para modelação e torneamento de peças detalhadas, oferece excelente desempenho na secagem (contração de 4,5%) e na cozedura (contração de 4,4-7%), com elevada plasticidade e grande resistência mecânica e térmica após a queima. É indicada para moldes de *slumping* de vidro, graças à sua estabilidade dimensional, baixa porosidade e resistência ao choque térmico.



Fig. 104: Processo de realização dos moldes cerâmicos para teste. Fonte: Imagem da autoria de Simão Afonso (2025).



Fig. 105: Moldes cerâmicos a secarem dentro do PLA. Fonte: Imagem da autora (2025).



Fig. 106: Moldes em estado de couro. Fonte: Imagem da autora (2025).



Fig. 107: Moldes chacotados e com o desmoldante (50% caulino + 50% água). Fonte: Imagem da autora (2025).

Além destes pequenos moldes, realizaram-se dois moldes maiores, com o auxílio do técnico superior Pedro Aguiar, seguindo o mesmo processo, partindo de modelações e impressões 3D (Figs. 108 e 109). A realização destes moldes implicou auxílio, devido ao tamanho das peças. Com a lastradeira, realizaram-se lastras de grés com cerca de 1cm de espessura. Uniram-se várias, usando teques e rins, para que as peças ficassem com as dimensões corretas. A lastra foi uniformizada com um rolo, alisada, virada, e alisada do outro lado. Após o processo, foi levantada e colocada sobreposta à impressão 3D. Com uma esponja, fez-se pressão nas áreas côncavas e, com uma faca, foi retirado o excedente de grés (Figs. 110 e 111).

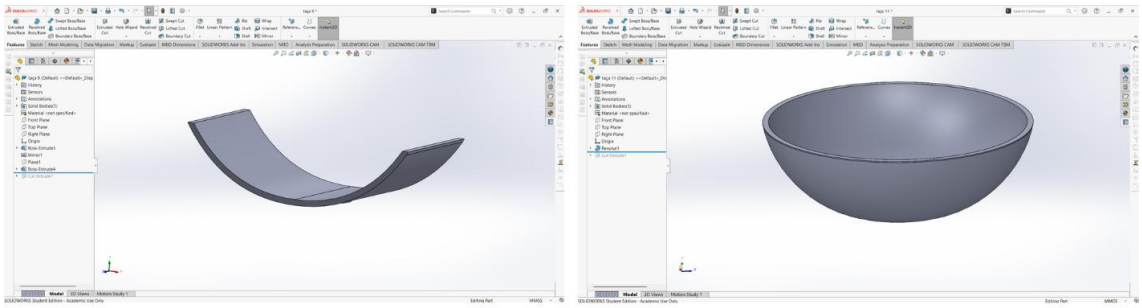


Fig. 108: Modelações dos primeiros moldes. Fonte: Imagem da autora (2025).



Fig. 109: Impressão 3D com PLA para o primeiro molde. Fonte: Imagem da autora (2025).



Fig. 110: Processo de realização do primeiro molde cerâmico. Fonte: Imagem da autoria de Simão Afonso (2025).



Fig. 111: Segundo molde cerâmico. Fonte: Imagem da autora (2025).

Devido à pequena grossura destas peças em grés, houve dificuldade na colocação na mufla. O desafio foi tirar da sua base em PLA, que estava a estabilizar a peça frágil. Na sua cozedura, a cerâmica retrai, pelo que foram colocados suportes refratários no primeiro molde, a apoiar a zona de curvatura da peça (Fig. 112).



Fig. 112: Primeiro molde na mufla. Fonte: Imagem da autora (2025).

Assim, identificou-se que a melhor solução seria a utilização de moldes cerâmicos para o projeto de investigação. Este é um material mais acessível, barato e fácil de trabalhar (Tabela 7). Optou-se pelo uso de moldes em cerâmica (grés) por aliarem acessibilidade, facilidade de produção e resistência suficiente para múltiplas tiragens. Para a investigação foi a solução mais prática, económica e sustentável encontrada.

	gesso (e sílica)	**metal**	**cerâmica**
dificuldade de produção	baixa: pode ser realizada manualmente e rapidamente	alta: requer oficina e ferramentas específicas	baixa: pode ser modelada manualmente
custo	baixo	alto	baixo
durabilidade	baixa: desgaste rápido com altas temperaturas	alta: muito resistente	média alta: aguenta muitas tiragens
reutilização	limitada: poucas utilizações, ou, por vezes, apenas uma	elevada: moldes permanentes	quase ilimitada: suporta muitas tiragens
resistência térmica	limitada: risco de fissuras	excelente	muito boa (tendo em conta as temperaturas da investigação)
precisão nos detalhes	alta	média	média
manuseamento	frágil	pesado	pesado
sustentabilidade	baixa	média	alta

Tabela 7: Comparação entre diferentes tipos de moldes para termofusão. Tabela da autora (2025).

3.4.3. Desenvolvimento das peças experimentais

3.4.3.1. Experiências com vidro da BA

Colocaram-se de lado os moldes de metal e prosseguiram-se com os moldes de grés construídos. Contactou-se, nesta fase, a fábrica BA Glass, para auxiliar no processo de obter vidros da mesma fábrica (possibilidade de COE semelhantes). Fizeram-se experiências com estes vidros nos moldes de cerâmica, segundo as explorações anteriormente realizadas nas amostras (Capítulo 3.2).

Começou-se pelo *pâte-de-verre*, com vidro granulado da BA (Figs. 113 e 114). Primeiramente, separou-se o vidro, como realizado anteriormente, com o auxílio de uma peneira para vidro. Durante a montagem do *pâte-de-verre* percebeu-se que o processo era dificultado, dado o molde não estar húmido (ao contrário dos de gesso e sílica). Foi-se pulverizando, para contrariar isto, contudo o molde rapidamente absorvia a humidade. A solução foi adicionar mais cola alimentar à mistura do ligante. Foi à mufla 9, segundo o programa:

5h ↑ 600°

35’ ↑ 770° ↔ 4’

0’ ↓ 30°



Fig. 113: Testes de *pâte-de-verre* com vidro da BA antes de ir à mufla. Fonte: Imagem da autora (2025).



Fig. 114: Testes de *pâte-de-verre* com vidro da BA depois de ir à mufla. Fonte: Imagem da autora (2025).

Verificou-se que o vidro da fábrica tinha bastantes impurezas. O processo de o lavar não seria eficaz, pelo que o vidro poderia, na mesma, ficar com contaminantes que prejudicariam as peças.

Para os *slumpings* realizou-se o mesmo processo que para os moldes de metal. Os vidros foram duas vezes à mufla, numa primeira fusão, na mufla A (Fig. 115), seguindo o programa:

10h ↑ 565°

45’ ↑ 710° ↔ 10’

45’ ↓ 565° ↔ 6h

10h ↓ 430°

12h ↓ 300°

10h ↓ 80°

E, posteriormente, a fazer o *slumping* com moldes cerâmicos, na mufla 9 (Fig. 116):

7h ↑ 600° ↔ 5’

0’ ↑ 790° ↔ 1’

0’ ↓ 30°



Fig. 115: Testes de *slumping* com vidro da BA antes de ir à mufla. Fonte: Imagem da autoria de Simão Afonso (2025).



Fig. 116: Testes de *slumping* com vidro da BA depois de ir à mufla. Fonte: Imagem da autora (2025).

Mais uma vez, foram detetadas impurezas no vidro e percebeu-se que a temperatura de fusão é mais alta no vidro da BA que a do vidro reciclado diretamente do lixo – os presentes testes, à temperatura de 850°C (790°C na mufla A) não realizaram a fusão total de igual forma aos provetes realizados. Colocou-se, por isso, de lado o uso do vidro da BA.

Concluiu-se que o *slumping*, em detrimento do *pâte-de-verre*, é mais imediato e apto para ser realizado em série. A técnica de *pâte-de-verre* permite um elevado nível de detalhe, estando, por isso, tradicionalmente associada a uma abordagem mais artística e escultórica. É um processo mais demorado, delicado e menos eficaz numa produção orientada para o design de produto. Em contrapartida, o *slumping* privilegia a funcionalidade, eficácia na produção e reprodutibilidade, em oposição a uma natureza escultórica e artesanal para que remete o *pâte-de-verre*. Optou-se, assim, para a investigação, em continuar com a técnica de *slumping* como foco, que permite a criação de artefactos que conciliam o valor estético com a aplicação prática, salientando o compromisso do projeto com a circularidade e o reaproveitamento de vidro de forma sustentável e acessível.

Além disso, clarificou-se que o método de fundir primeiro os cacos a baixa temperatura e, numa segunda ida à mufla, fazer o *slumping* a mais alta temperatura não é eficaz, uma vez que o vidro pode escorrer demasiado, como se verificou na figura 116. Deste modo, prosseguiram-se os testes, realizando-se, nos seguintes subcapítulos, *slumpings* diretos, ou seja, sem uma primeira fusão, e, igualmente, fusão a alta temperatura (850°C), seguidos de um *slumping* a baixa temperatura.

3.4.3.2. Experiências com vidro de desperdício

Recolheu-se mais vidro do lixo e, preparou-se este material do mesmo modo que se realizou no capítulo 3.3.1. Lavaram-se as garrafas e tiraram-se os rótulos e tampas, depois fizeram-se as marcações com um cortador de vidro e partiram-se as garrafas manualmente com um martelo. Estes cacos foram limpos com álcool (Tabela 8). Na sequência, realizaram-se duas amostras com os moldes cerâmicos pequenos, para testes de verticalidade (Figs. 117 e 118).

materiais	processo
 esponja e esfregão  espátula	lavagem e remoção das impurezas: após a seleção das garrafas, estas foram lavadas com uma esponja e esfregão e os rótulos e outros contaminantes foram retirados, com o auxílio de uma espátula
 cortador de vidro  martelo	corte do vidro: com um cortador de vidro manual, foram realizados cortes, para facilitar o processo de o partir com um martelo
 álcool	limpeza: para que não se encontre impurezas, como pó de vidro, ou algum vestígio de cola, limpou-se com álcool para vidro

Tabela 8: Resumo do processo de preparação do vidro para as peças de *slumping*. Tabela da autora (2025).




Fig. 117: Testes de *slumping* com vidro de desperdício. À esquerda, antes de ir à mufla e, à direita, depois. Fonte: Imagem da autora (2025).

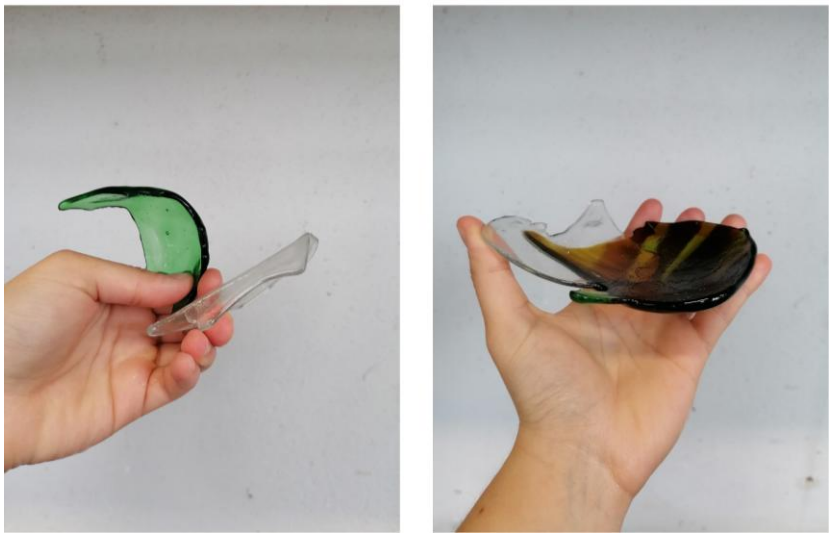


Fig. 118: Testes de *slumping* com vidro de desperdício. À esquerda, o vidro caiu devido a demasiada inclinação do molde e, à direita, o vidro fundiu. Fonte: Imagem da autora (2025).

Clarificou-se que, para realizar o *slumping* diretamente sem uma fusão inicial, os moldes não devem ser muito curvos ou verticais. Deste modo, concluíram-se os testes com mais três peças, utilizando o primeiro molde cerâmico. Com a primeira (Figs. 119 e 120) foi realizada uma primeira fusão e, de seguida, o *slumping* com o molde, ambos na mufla C. Programa:

Fusão:

7h ↑ 575° ↔ 5’

0’ ↑ 700° ↔ 10’

0’ ↓ 575° ↔ 3h

3h ↓ 470° ↔ 2h

2h ↓ 370° ↔ 1h

3h ↓ 70°

Slumping:

7h ↑ 575° ↔ 5’

0’ ↑ 800° ↔ 3’

0’ ↓ 575° ↔ 6h

6h ↓ 470° ↔ 5h

5h ↓ 370° ↔ 2h

6h ↓ 70°



Fig. 119: Teste 01 de *slumping* com vidro de desperdício com primeiro molde. Fonte: Imagem da autora (2025).



Fig. 120: Teste 01 de *slumping* com vidro de desperdício em cima do molde. Fonte: Imagem da autoria de Simão Afonso (2025).

Com o presente teste foi logo detetável incompatibilidade entre vidros, devido a COE distintos, indo de encontro aos provetes realizados (Fig. 121). Tendo isto em conta, não se voltou a juntar os três vidros.

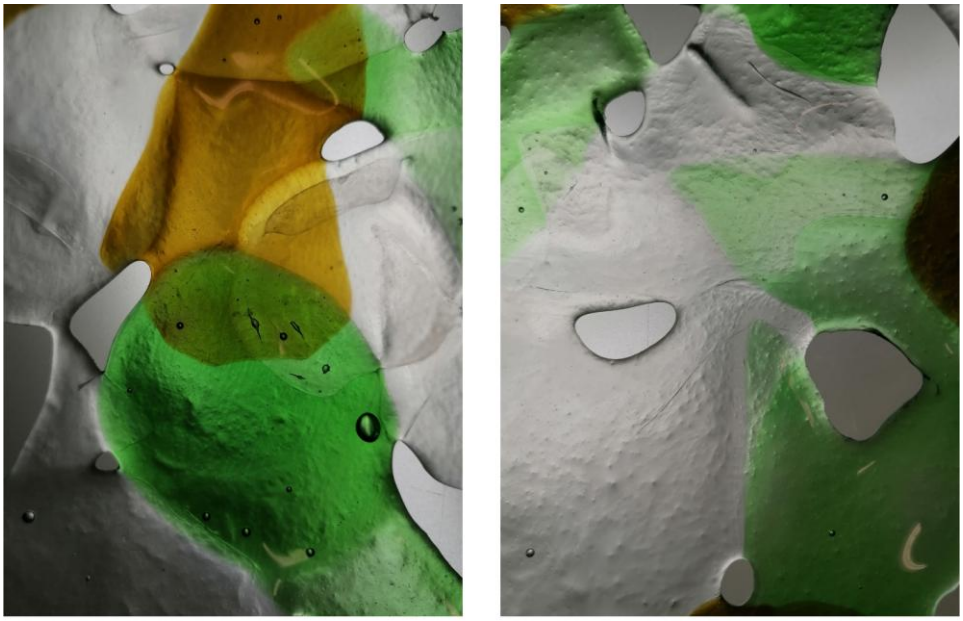


Fig. 121: Vista aproximada do teste 01: incompatibilidade entre vidros. Fonte: Imagem da autora (2025).

Nos dois testes seguintes foi realizada uma fusão com *slumping* apenas numa ida à mufla, de modo a ter um menor gasto elétrico. Para o segundo teste (Fig. 122) foi utilizada a mufla C, a uma temperatura mais alta, tendo em conta o programa:

1h30 ↑ 95° ↔ 30’

7h ↑ 575° ↔ 15’

0’ ↑ 850° ↔ 3’

0’ ↓ 575° ↔ 3h

3h ↓ 470° ↔ 2h

2h ↓ 370° ↔ 1h

3h ↓ 70°

No entanto, apareceram bolhas de ar (Fig. 123). Supôs-se que pudesse ter sido devido à temperatura ou ao programa demasiado rápido na subida e na descida de temperatura.



Fig. 122: Teste 02 de *slumping* com vidro de desperdício com primeiro molde. Fonte: Imagem da autora (2025).



Fig. 123: Vista aproximada do teste 02: Bolhas de ar. Fonte: Imagem da autora (2025).

O terceiro teste (Fig. 124), também realizado na mufla C teve em conta as bolhas de ar do teste anterior. Por isso, teve um programa de subida e descida mais lento e a temperatura foi ao mínimo possível para ser realizada uma fusão total. No entanto, provocou igualmente as bolhas de ar (Fig. 125). Programa:

8h ↑ 160° ↔ 40’

8h ↑ 300° ↔ 1h30

5h ↑ 575° ↔ 30’

0’ ↑ 780° ↔ 5’

0’ ↓ 575° ↔ 5h

6h ↓ 470° ↔ 4h

5h ↓ 370° ↔ 2h

6h ↓ 60°



Fig. 124: Teste 03 de *slumping* com vidro de desperdício com primeiro molde. Fonte: Imagem da autora (2025).



Fig. 125: Vista aproximada do teste 03: Bolhas de ar. Fonte: Imagem da autora (2025).

Tendo em conta as informações obtidas a partir destes testes, para o desenvolvimento dos artefactos, concluiu-se que as bolhas de ar não se deveram ao programa ou à temperatura, mas ao facto de se realizar uma fusão e, ao mesmo tempo, um *slumping*. No *slumping*, o vidro escorre, com a gravidade, e permanece ar entre os vários cacos, provocando, ao fundir-se, as enormes bolhas de ar com uma película fina de vidro, uma vez que o ar não tem espaço para se deslocar. Assim, a partir da fase seguinte de investigação, começaram a realizar-se dois programas de mufla: um de fusão, a alta temperatura, e outro de *slumping*, a baixa.

Do mesmo modo que aconteceu nas outras fases, o grupo de orientação e colegas reuniu-se (Fig. 126). Os *feedbacks* foram positivos, contudo alertaram para os buracos grandes e as pontas muito irregulares e perigosas em torno das peças. Foi sugerido, para solucionar, utilizar uma placa de vidro *float* fundida com os cacos de vidro reciclado, de modo a delinear e uniformizar as peças. Também sugeriram um posicionamento das cores de forma mais consciente e com um padrão planeado e regular.



Fig. 126: Reunião com grupo de orientação e colegas, no dia 16 de abril de 2025. Fonte: Imagem da autoria de Simão Afonso (2025).

3.5. Desenvolvimento do produto

Richard Sennett (2008) defende que o saber-fazer vai-se construindo, através da repetição e da incessante prática. Assim, a progressiva compreensão do material torna-se possível com a complexificação e aumento de escala das peças desenvolvidas. Trata-se não só de uma evolução formal, como também de uma relação profunda entre o designer, o material e o processo, consolidada pela experiência e a prática. Frayling (1993) vai ao encontro da mesma ideia, argumentando que a prática deve ser acompanhada de análise e reflexão, estando adjacentes o fazer e o pensar[11].

> De certa forma, o conceito de design como investigação — seja investigação aplicada, onde o conhecimento resultante é utilizado para uma aplicação específica, ou investigação-ação, onde a ação é planeada para gerar e validar novos conhecimentos ou entendimentos, ou até mesmo (embora muito raramente) investigação fundamental — está tão bem estabelecido que não necessita de ser desenvolvido aqui. Mas as ideias feitas sobre o design — e, de facto, algumas das autoimagens dos designers — continuam a persistir. E o que é menos conhecido é o facto de que, se examinarmos as origens do ensino de arte e design no Reino Unido, provavelmente veremos que a "investigação" como área de problema, ou como algo que existe fora do design de atelier, é, novamente, um fenómeno relativamente recente. (Frayling, 1993, p. 4)[12]

Igualmente, Archer (1995) é uma voz pioneira a legitimar o design academicamente. Reconhece que o design também urge de uma investigação rigorosa que acontece nas outras áreas científicas e humanísticas, mas que contém as suas especificidades criativas. A incessante experimentação do presente projeto é um instrumento de descoberta e reflexão crítica e, ao

[11] O autor identifica três formas de investigação: investigação sobre o design (*research into design*), investigação para o design (*research for design*), e investigação através do design (*research through design*). Neste caso, refere-se à investigação através do design, ou seja, uma forma de investigação em que o ato de projetar é usado como método principal para gerar conhecimento novo.

[12] Tradução livre da autora. Do original: "In a sense, the concept of design as research — either applied research, where the resulting knowledge is used for a particular application, or action research, where the action is calculated to generate and validate new knowledge or understanding, or even (but very rarely) fundamental research — is so well established that it doesn't need elaborating here. But popular assumptions about design — and indeed some of the self-images of designers — do live on. And what's less well known, is the fact that if you examine the origins of art and design teaching in Britain, you'll probably see that 'research' as a problem area, or as something which exists outside studio design, is, again, a relatively recent phenomenon." Frayling, 1993, p. 4.

longo do processo, vão ser cimentados os conhecimentos técnicos, as decisões e, para culminar, a consciência ambiental.

> Todos os estudos sobre a prática, para serem reconhecidos como estudos de investigação, devem empregar os métodos e respeitar os princípios da classe a que pertencem. Da mesma forma, a atividade de investigação realizada com o objetivo de contribuir para outras atividades profissionais pode também enquadrar-se em qualquer categoria das Ciências ou das Humanidades, e deve ser praticada de acordo com os princípios que regem essa categoria. Quando uma investigação, com o objetivo de contribuir para uma atividade profissional, é conduzida segundo os princípios da sua área, e é efetivamente uma indagação sistemática cujo objetivo é o conhecimento comunicável, então essa investigação pode, com propriedade, ser chamada de investigação. (Archer, 1995, p. 11)[13]

3.5.1. Protótipos

A partir das experiências enumeradas anteriormente, concluiu-se que o método mais eficaz, apesar de maior gasto elétrico, são duas idas à mufla: uma primeira fusão a alta temperatura e, posteriormente, *slumping* a baixa temperatura (a ordem ideal para o processo foi concluída no capítulo 3.4.3.1). Igualmente, encontrou-se vantagens em fundir vidro reciclado de garrafa com vidro *float*, como referido anteriormente. Foram realizados protótipos entre maio e junho de 2025 com foco nos artefactos finais, e tendo em conta os testes prévios. Até aos produtos finais, fez-se um balanço dos programas das muflas, tentando acertar as subidas e descidas, de acordo com o ideal para o vidro não criar tensões e rachar. Henry Halem (1996) explica isto, declarando

> Recozer (*annealing*) e arrefecer podem resumir-se em quatro palavras simples: "paciência é uma virtude". Para começar, é importante perceber a diferença entre recozimento e arrefecimento. São dois termos distintos e não devem ser confundidos. Recozer é o tempo e a temperatura específicos necessários para libertar uma peça de

[13] Tradução livre da autora. Do original: "All studies about practice, if they are to be recognised as research studies, must employ the methods, and accord with the-principles, of the-class to which they happen to belong. Similarly, research activity conducted for the purposes of contributing to other practitioner activities can also fall into any category of Science or Humanities, and must be practised according to the principles underlying that category. Where an investigation for the purposes of contributing to a practitioner activity is conducted according to the principles of its field, and is indeed a systematic enquiry whose goal is communicable knowledge, then the investigation can properly be called research." Archer, 1995, p. 11.

> vidro das tensões internas. Arrefecer é levar o vidro, depois de ter sido recozido, até à temperatura ambiente. O que é tensão (*strain*)? Simplificando, é a tensão criada quando o vidro arrefece do estado líquido até à temperatura ambiente. A tensão surge à medida que o vidro arrefece e encolhe. A tensão também se cria durante a manufatura de peças, ou seja, aplicações, bolbos, asas, etc. Quase toda a tensão de maior relevância surge quando o vidro arrefece da temperatura de recozimento até ao ponto de tensão (*strain point*). A maioria dos artistas de estúdio que usam vidro soda-cal considera o ponto de tensão como sendo aproximadamente 700 °F (cerca de 370°C). (p. 14)[14]

3.5.1.1. Fase 01

Utilizando os dois primeiros moldes realizados, foram-se realizando peças até se atingir um programa da mufla ideal, e tendo em conta um balanço entre o gasto energético e o aspeto da peça, quer para fusão, quer para *slumping*. Primeiramente, fizeram-se testes de compatibilidade entre vidro *float* e vidro de garrafa (Figs. 127 e 128). Seguidamente, iniciou-se com dois testes, na mufla C, um com vidro *float* por cima do vidro reciclado e outro por baixo, servindo como base para o vidro reciclado (Figs. 129 a 133). O protótipo com vidro *float* de base, resultou melhor, uma vez que o outro, com vidro *float* por cima do vidro reciclado criou estrias (Fig. 134) do vidro se movimentar no processo de fundir. Programa:

Fusão:

12h ↑ 575° ↔ 1h

0’ ↑ 800° ↔ 3’

0’ ↓ 575° ↔ 5h

[14] Tradução livre da autora. Do original: “Annealing and cooling can be summed up in four simple words “patience is a virtue”. To begin, it is important to understand the difference between annealing and cooling. They are two different terms and should not be confused. Annealing is the specific time and temperature needed to relieve a piece of glass of strain. Cooling is taking the glass, after it has been annealed, to room temperature. What is strain? Simply stated, strain is the tension created when glass cools from the liquid state to room temperature. Strain is produced as the glass cools and shrinks. Strain is also produced during the manufacture of objects, i.e. bits, prunts, handles, etc. Most all strain of consequence is produced when the glass cools from the annealing temperature to the strain point. Most studio artists using soda/lime glass assume the strain point to be approximately 700°F.” Halem, 1996, p. 14.

6h ↓ 470° ↔ 4h

5h ↓ 370° ↔ 2h

6h ↓ 80°

Slumping:

9h ↑ 575° ↔ 1h

0’ ↑ 690° ↔ 10’

0’ ↓ 575° ↔ 4h

5h ↓ 470° ↔ 3h

4h ↓ 370° ↔ 1h30

5h ↓ 70°

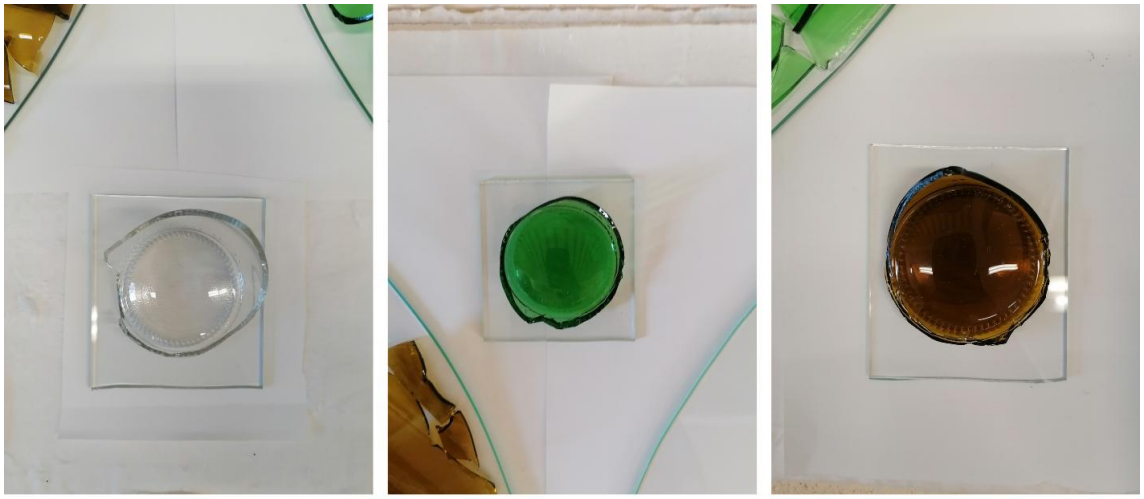


Fig. 127: Testes de compatibilidade com vidro *float* antes de ir à mufla. Fonte: Imagem da autora (2025).

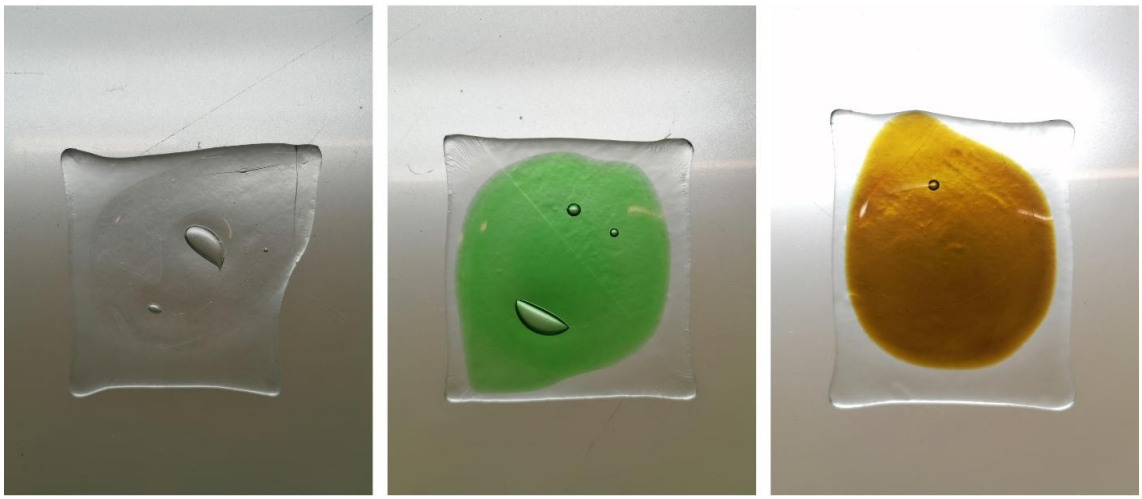


FIg. 128: Testes de compatibilidade com vidro *float* depois de irem à mufla. Fonte: Imagem da autora (2025).



Fig. 129: Primeiros protótipos da primeira fase antes da fusão. À esquerda, com vidro *float* por baixo e, à direita, com o vidro *float* por cima. Fonte: Imagem da autora (2025).

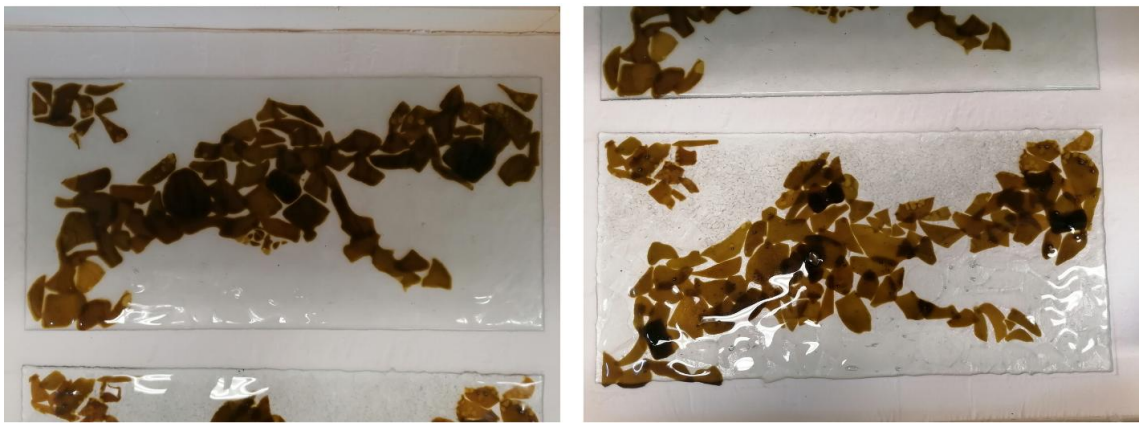


Fig. 130: Primeiros protótipos da primeira fase depois da fusão. À esquerda, com vidro *float* por baixo e, à direita, com o vidro *float* por cima. Fonte: Imagem da autora (2025).



Fig. 131: Protótipo da primeira fase com o vidro por cima antes do *slumping*, à esquerda, e depois de fazer o *slumping*, à direita. Fonte: Imagem da autora (2025).



Fig. 132: Protótipo da primeira fase, com vidro *float* como base. Fonte: Imagem da autora (2025).[15]



Fig. 133: Protótipo da primeira fase, com vidro *float* por cima. Fonte: Imagem da autora (2025).

[15] A presente peça foi uma terceira vez à mufla, a fundir em cima do molde, uma vez que partiu, devido ao mau manuseio. Esta é uma das vantagens do vidro, ao partir pode ser novamente fundido.



Fig. 134: Vista aproximada do protótipo da primeira fase, com o vidro *float* por cima: estrias, devido ao vidro *float* ter sido por cima. Fonte: Imagem da autora (2025).

Nesta fase, realizaram-se mais três moldes iguais ao primeiro. Imprimiram-se mais bases em PLA para estes e, seguidamente, o processo foi igual. No entanto, um destes rachou no centro da peça, antes do seu estado de couro e, apesar de ter dado para recuperar na altura, ao colocar na mufla para cozer, este partiu. Deste modo, aproveitou-se o molde partido, colocando-se lado a lado as duas partes, e rodados 90° na mufla. Mais tarde (capítulo 3.5.1.3.), um molde já cozido também se partiu ao retirar uma peça de vidro de cima deste, mas reaproveitou-se, colocando suportes refratários a segurar e equilibrar.

Realizaram-se mais protótipos. Introduziu-se o uso de granulometria fina (entre pó de vidro e 2mm) por cima das peças já fundidas (Figs. 135 e 136). No entanto, a combinação entre as duas granulometrias e texturas resultou num aspeto rude e pouco delicado, contrariamente ao que o material, o vidro, traduz.



Fig. 135: Protótipos da primeira fase com vidro de granulometria fina por cima, antes de ir à mufla a baixa temperatura para fundir e fazer o *slumping*. Fonte: Imagem da autora (2025).



Fig. 136: Protótipos da primeira fase com vidro de granulometria fina por cima, depois de fundir e fazer o *slumping*. Fonte: Imagem da autora (2025).

Verificou-se um problema recorrente nos *slumpings* testados, as estrias, devido ao vidro escorrer no molde, nas partes inferiores das peças. Para solucionar, testou-se, numa fornada, na mufla A, um programa mais lento, de forma a ter um comportamento mais controlado:

9h ↑ 575° ↔ 1h

1h40 ↑ 700° ↔ 10’

8h ↓ 70°

No entanto, isto não resultou, pelo que se testou o contrário, um programa rápido, com o máximo de °C/h a que se deve submeter o vidro, que é, geralmente, 100°C a 150°C (Halem, 1996) e ao mínimo de temperatura para o vidro realizar o *slumping*, de acordo com os testes:

6h ↑ 640° ↔ 7’

13h ↓ 70°

O presente programa resultou, logo manteve-se para o *slumping*. Para as fusões manteve-se, igualmente, o programa anterior. Há diferenças no funcionamento das muflas A e C, sendo que a C é a ideal para este tipo de trabalhos, nos quais os vidros podem ser incompatíveis, e é aconselhável um programa de subidas e descidas mais lentas. O controlador da mufla A não permite tantos passos no programa, portanto ao usar esta mufla para as fusões, que exigem mais passos, não houve tantos patamares nas descidas de temperatura e, na tentativa de equilibrar isso, diminuiu-se os °C/h. Mufla C:

12h ↑ 575° ↔ 1h

0’ ↑ 800° ↔ 3’

0’ ↓ 575° ↔ 5h

6h ↓ 470° ↔ 4h

5h ↓ 370° ↔ 2h

6h ↓ 80°

Corresponde a, na Mufla A:

12h ↑ 565° ↔ 30’

45’ ↑ 790° ↔ 3’

45’ ↓ 565° ↔ 5h

14h ↓ 430°

20h ↓ 80°

Tendo em conta estas opções, realizaram-se mais protótipos, com os moldes cerâmicos construídos (Fig. 137).



Fig. 137: Protótipos da primeira fase. Fonte: Imagem da autoria de Simão Afonso (2025).

Perante estes protótipos realizados, foram evidentes alguns pontos a afinar, nomeadamente a textura irregular na parte de baixo das peças. Isto deve-se ao contacto do vidro com a lã cerâmica na mufla. Para as peças ficarem lisas e brilhantes, a solução escolhida foi o papel ThinFire, feito de materiais cerâmicos e para ser aplicado em trabalhos de vidro na mufla. Quando dois moldes se juntam, como as suas interseções não são perfeitas e deixam buracos, colocou-se lã cerâmica, de forma que o vidro não afunda pela gravidade. Todavia, fica evidente o formato moldado da lã cerâmica, pelo que uma opção válida que se encontrou foi assumir essa modelação e repeti-la, colocando lã ao longo da peça[16]. Além disso, as peças com verde e branco e verde e castanho racharam, observando-se logo ao abrir a mufla (Fig. 138), o que

[16] A lã cerâmica utilizada para o efeito já havia sido usada. Na verdade, pode-se reutilizar várias vezes, e, com as várias utilizações, fica degradada.

coincidiu com as informações partilhadas pela investigadora Cassandra Pereira, percebendo-se, assim, que o vidro verde não é compatível com o branco ou o castanho (Tabela 9). Neste sentido, não se voltou a fundir verde com branco nem com castanho. Perante os resultados, houve uma reunião com a equipa e colegas de orientação (Fig. 139), na qual se reviu a trajetória, desde os provetes até ao estado atual, sendo importante para revisitar o processo e progresso do desenvolvimento da investigação.



Fig. 138: Vista aproximada dos protótipos da primeira fase: rachas, devido à incompatibilidade dos vidros. Fonte: Imagem da autora (2025).



Fig. 139: Reunião com grupo de orientação e colegas, no dia 16 de maio de 2025. Fonte: Imagem da autoria de João Monteiro (2025).

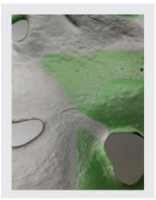
	combinação de cores	compatibilidade
	branco + verde	incompatível
	branco + castanho	compatível
	verde + castanho	incompatível
	branco + verde + castanho	incompatível

Tabela 9: Resultados de compatibilidades em peças de maior escala. Tabela da autora (2025).

3.5.1.2. Fase 02

Seguindo as conclusões tiradas dos protótipos anteriores, alteraram-se alguns aspetos: começou-se a utilizar, na fusão, o papel ThinFire, para as peças terem um acabamento *glossy* de ambos os lados; em peças que se juntem moldes e se use lã cerâmica, assumiu-se as concavidades da mesma e repetiu-se; não se voltou a juntar verde com branco ou com castanho.

Repetiram-se, neste seguimento, os formatos, com variações de cores e padrões (Figs. 140 a 142). Seguidamente, na reunião com a equipa e colegas de orientação (Fig. 143), foi sugerido avançar com peças em maior escala.



Fig. 140: Exemplos de protótipos da segunda fase, antes da fusão. Fonte: Imagem da autora (2025).

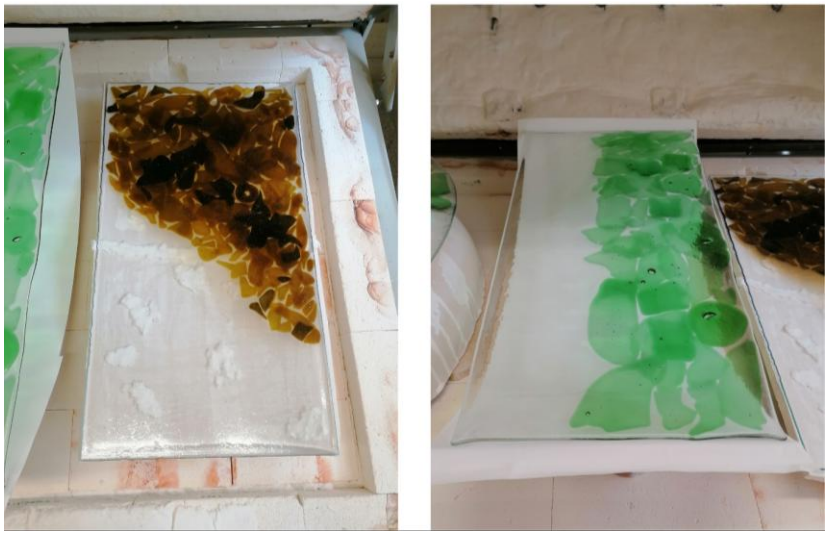


Fig. 141: Exemplos de protótipos da segunda fase, antes do *slumping*. Fonte: Imagem da autora (2025).

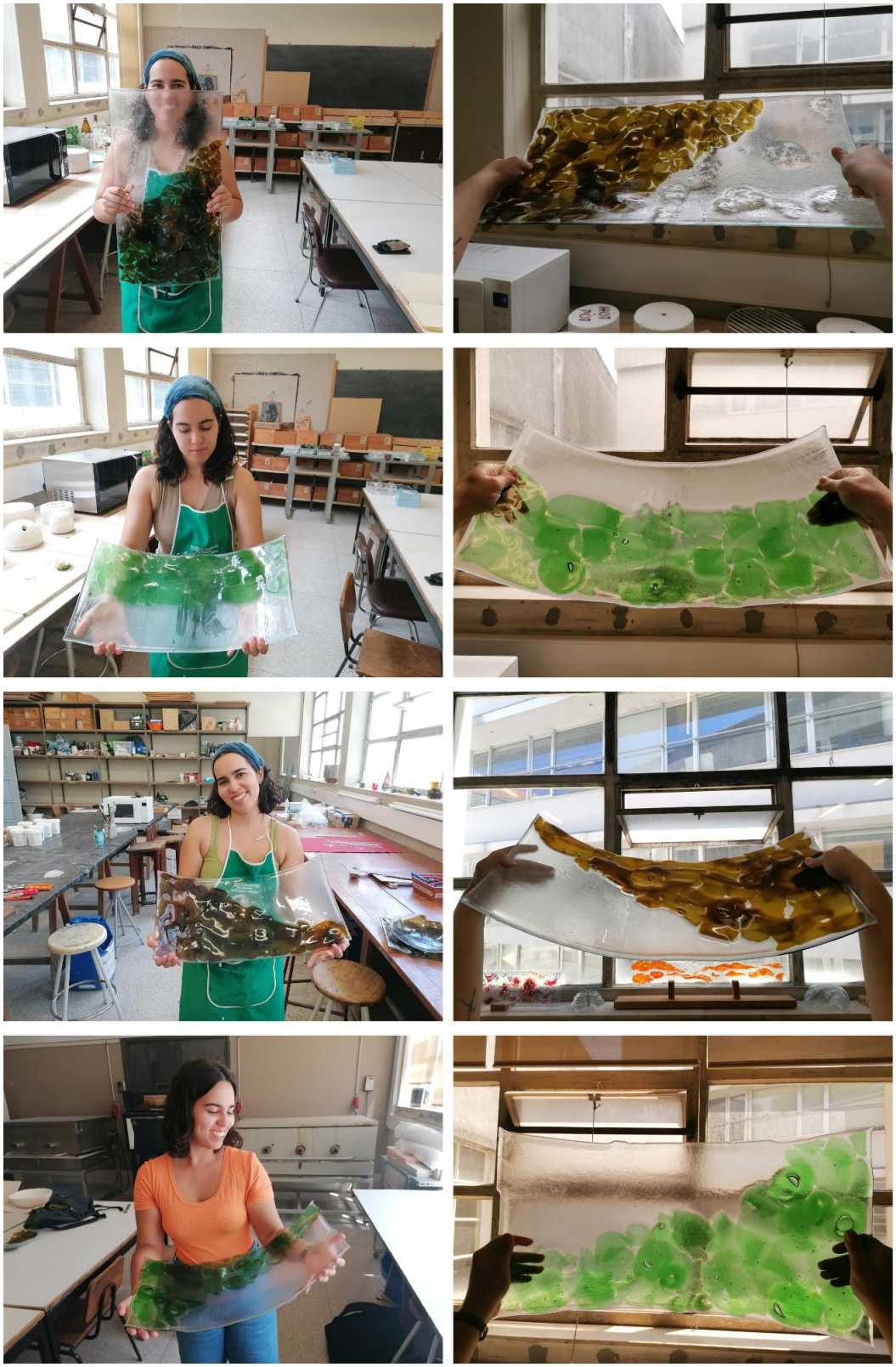


Fig. 142: Protótipos da segunda fase. Fonte: Imagem da autoria de Simão Afonso (2025).



Fig. 143: Reunião com grupo de orientação e colegas, no dia 6 de junho de 2025. Fonte: Imagem da autoria de Cláudia Lima (2025).

3.5.1.3. Fase 03

Avançou-se para peças maiores. Já se tinha adiantado um terceiro molde, partindo do primeiro, curvo para os quatro lados. O processo foi semelhante aos anteriores: modelação no SolidWorks (Fig. 144), seguido de impressão 3D e modelação com lastras de grés (Figs. 145 a 148). Para a realização das peças mantiveram-se as opções da fase anterior e produziram-se mais três (Figs. 149 e 150), duas peças com o terceiro molde (Fig. 151) e uma peça com dois moldes iguais ao primeiro juntos (Fig. 152).

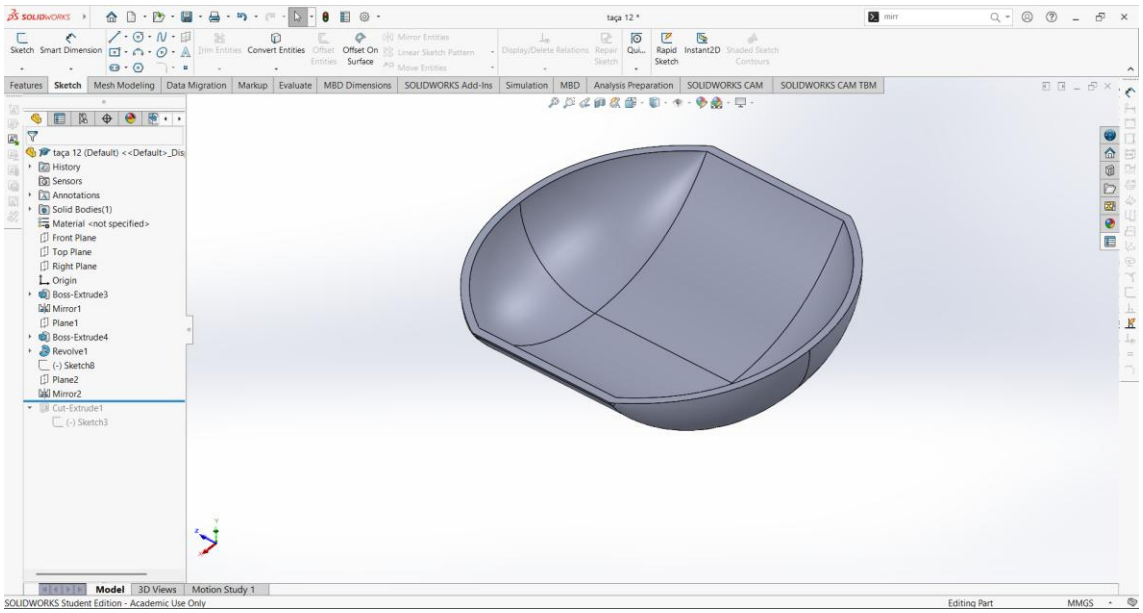


Fig. 144: Modelação do terceiro molde. Fonte: Imagem da autora (2025).



Fig. 145: Processo de realização do terceiro molde cerâmico: modelação da forma, através de uma lastra, numa base de impressão 3D. Fonte: Imagem da autoria de Simão Afonso (2025).



Fig. 146: Processo de realização do terceiro molde cerâmico: viragem da peça de grés, no seu estado de couro, de forma a facilitar retirar do PLA. Fonte: Imagem da autoria de Simão Afonso (2025).



Fig. 147: Processo de realização do terceiro molde cerâmico: colocação na mufla para ser chacotado, com suportes refratários, devido à fragilidade da peça. Fonte: Imagem da autora (2025).



Fig. 148: Vistas aproximadas da peça de grés: rachas que apareceram no seu estado verde. Fonte: Imagem da autora (2025).



Fig. 149: Protótipos da terceira fase, antes da fusão. Fonte: Imagem da autora (2025).



Fig. 150: Protótipos da terceira fase, antes do *slumping*. Fonte: Imagem da autora (2025).



Fig. 151: Protótipos da terceira fase, realizados com o terceiro molde. Fonte: Imagem da autoria de Simão Afonso (2025).



Fig. 152: Protótipo da terceira fase, realizado com dois moldes iguais ao primeiro. Fonte: Imagem da autoria de Simão Afonso (2025).

Após uma semana da realização dos protótipos com vidro castanho e branco (Figs. 151 e 152), os dois racharam. O que foi realizado a partir do terceiro molde (Fig. 151) partiu-se totalmente (Fig. 153), enquanto o que foi realizado a partir do primeiro molde rachou apenas num canto (Fig. 154). Foram detetados, assim, problemas de incompatibilidade entre o vidro castanho e branco, devido a diferentes COE.



Fig. 153: Vista aproximada do protótipo da terceira fase realizado com o terceiro molde: racha, devido à incompatibilidade dos vidros. Fonte: Imagem da autora (2025).



Fig. 154: Vista aproximada do protótipo da terceira fase realizado com o primeiro molde: racha, devido à incompatibilidade dos vidros. Fonte: Imagem da autora (2025).

Tendo em consideração estas adversidades, tomou-se a opção de não voltar a usar branco e castanho juntos, passando-se a utilizar somente uma cor de vidro de garrafa para cada peça. Aumentou-se, igualmente, o tempo de recozimento e arrefecimento, ou seja, programas ainda mais lentos nas peças subsequentes:

Fusão:

12h ↑ 565° ↔ 30’

45’ ↑ 790° ↔ 3’

45’ ↓ 565° ↔ 9h

18h ↓ 430°

30h ↓ 100°

Slumping:

6h ↑ 640° ↔ 7’

29h ↓ 50°

Isto corresponde a um gasto energético bastante superior, porém é a solução para controlar o *annealing* do vidro (Halem, 1996) quando há incompatibilidades.

Para finalizar a terceira fase de protótipos, recolheu-se desperdício de vidro *float* da Vidraria Central do Porto e da Vidraria Armando, em Gondomar (Fig. 155), a fim de averiguar a possibilidade da realização de peças com maior percentagem de desperdício. Foram selecionados vidros de diferentes grossuras, formatos e tamanhos. Realizou-se uma peça com o primeiro molde, com vidro martelado (Fig. 156), outra com dois moldes iguais ao primeiro unidos, com vidro fosco (Fig. 157) e uma terceira com o terceiro molde, com um vidro martelado com diferentes texturas (Fig. 158). Os vidros, ao fundirem, perderam essas características. Verificou-se incompatibilidade entre o vidro martelado e o vidro de garrafa (Fig. 159). A professora e investigadora Teresa Almeida já havia alertado para isto, devido a diferentes COE.



Fig. 155: Visita à Vidraria Armando. Seleção dos vidros. Fonte: Imagem da autoria de Simão Afonso (2025).



Fig. 156: Protótipo da terceira fase, realizado com o primeiro molde e com vidro *float* de desperdício. Fonte: Imagem da autoria de Simão Afonso (2025).



Fig. 157: Protótipo da terceira fase, realizado com dois moldes iguais ao primeiro e com vidro *float* de desperdício. Fonte: Imagem da autoria de Simão Afonso (2025).



Fig. 158: Protótipo da terceira fase, realizado com o terceiro molde e com vidro *float* de desperdício. Fonte: Imagem da autoria de Simão Afonso (2025).



Fig. 159: Vista aproximada do protótipo da terceira fase realizado com dois moldes iguais ao primeiro e com vidro *float* de desperdício: racha, devido à incompatibilidade dos vidros. Fonte: Imagem da autora (2025).

3.5.2. Acabamentos e detalhes

Realizaram-se testes de acabamentos e adicionaram-se pormenores às peças. Primeiramente, para ajudar no atrito e ser confortável ao toque, cobriu-se a superfície de baixo de uma peça com silicone (Fig. 160). Contrariamente à maciez do silicone, foscou-se outra peça com jato de areia (*sandblasting*) no INEGI (Fig. 161), até ficar baço (Fig. 162). Contudo, preferiu-se a delicadeza da peça que o papel ThinFire permitiu, sem necessidade de outros acabamentos nesse sentido.



Fig. 160: Teste de aplicação de silicone. Fonte: Imagem da autora (2025).



Fig. 161: Estação do jato de areia. Fonte: Imagem da autora (2025).

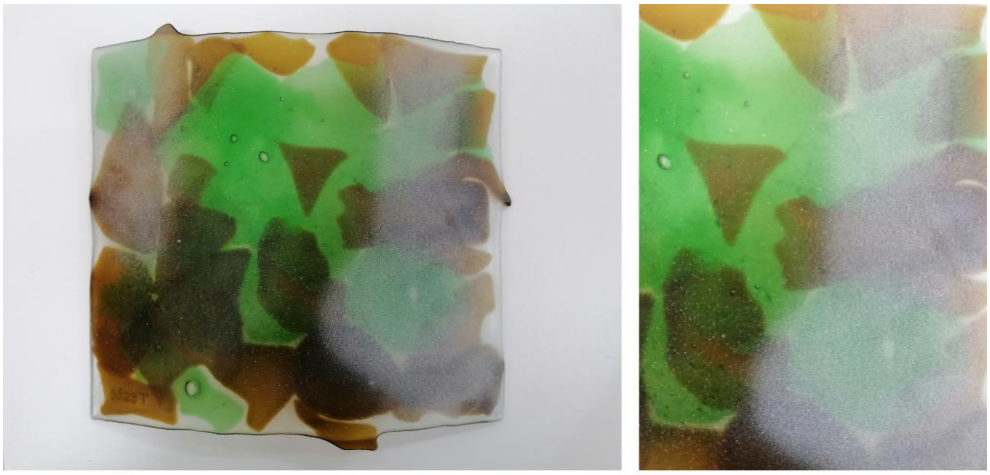


Fig. 162: Teste de foscagem em jato de areia. Fonte: Imagem da autora (2025).

Em algumas peças, houve a necessidade de acabamentos com a dremel (Fig. 163), para lixar pontas e arestas afiadas e polir (Fig. 164). Utilizaram-se pontas para lixar, seguido de fresas diamantadas, sempre com água. Visto que essas zonas ficaram com um acabamento baço (Fig. 165), foram polidas com cortiça e pedra pomes e, seguidamente, pontas de feltro e óxido de cério (Fig. 166).

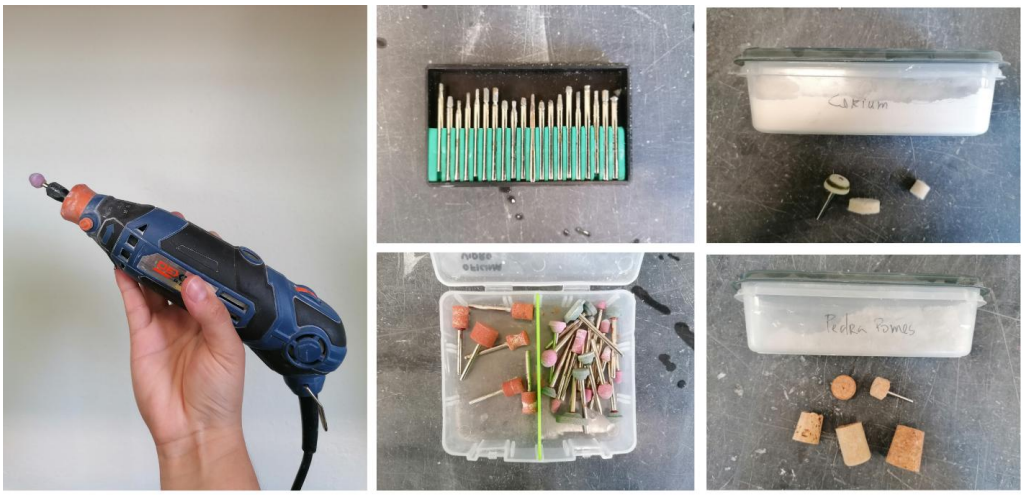


Fig. 163: Dremel e pontas utilizadas para o processo. Fonte: Imagem da autora (2025).

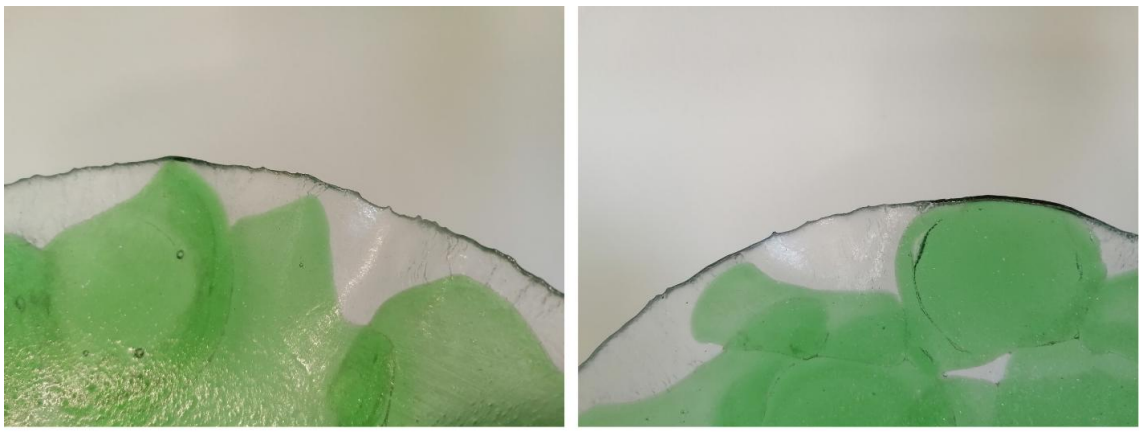


Fig. 164: Vista aproximada do protótipo: antes de lixar e polir. Arestas afiadas. Fonte: Imagem da autora (2025).

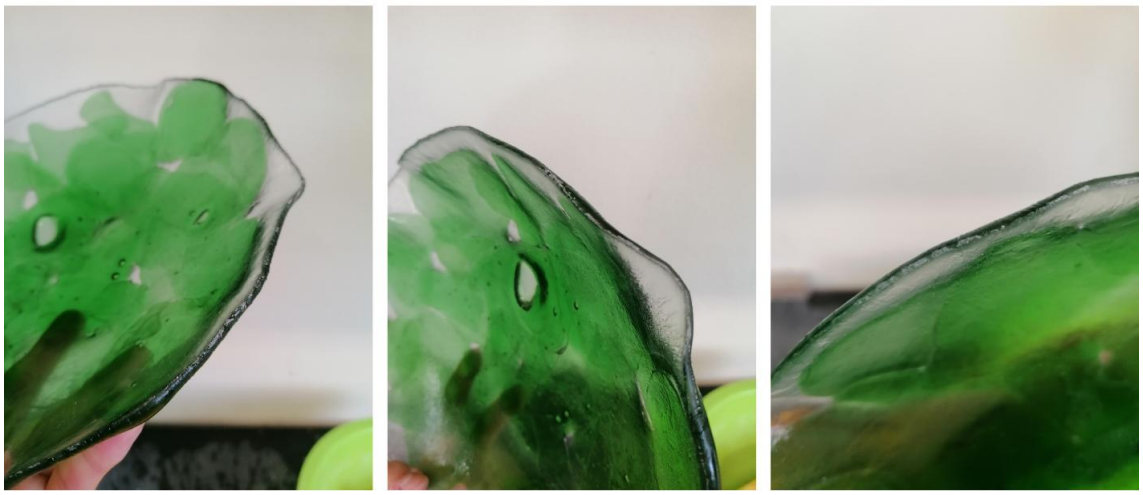


Fig. 165: Vista aproximada do protótipo: depois de lixar, antes de polir. Acabamento baço. Fonte: Imagem da autora (2025).

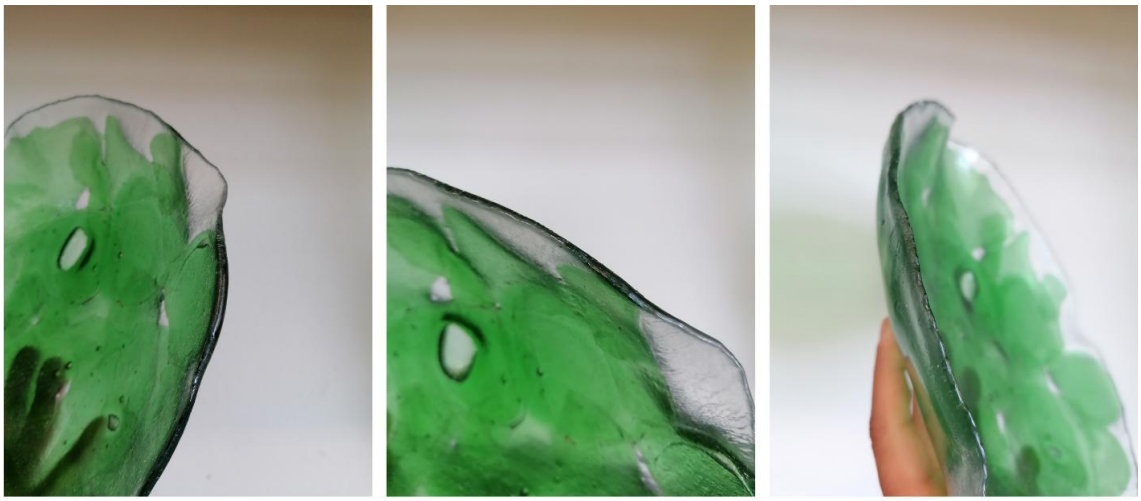


Fig. 166: Vista aproximada do protótipo: depois de lixar e polir. Fonte: Imagem da autora (2025).

Aplicou-se, também, um pequeno detalhe de gravação a laser com a máquina LaserPecker, disponível na Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP) (Fig. 167). Contudo, percebeu-se que não é o laser apropriado para vidro, dado não ficar com uma textura definida (Fig. 168) e, ao insistir, racha o vidro (este vidro não aguenta choques térmicos), como é possível observar na figura 169. Para o vidro, o mais indicado será usar gravação com jato de água (*waterjet*).



Fig. 167: LaserPecker, máquina de gravação a laser utilizada para o processo. Fonte: Imagem da autora (2025).



Fig. 168: Vista aproximada do protótipo: gravação a laser. Fonte: Imagem da autora (2025).

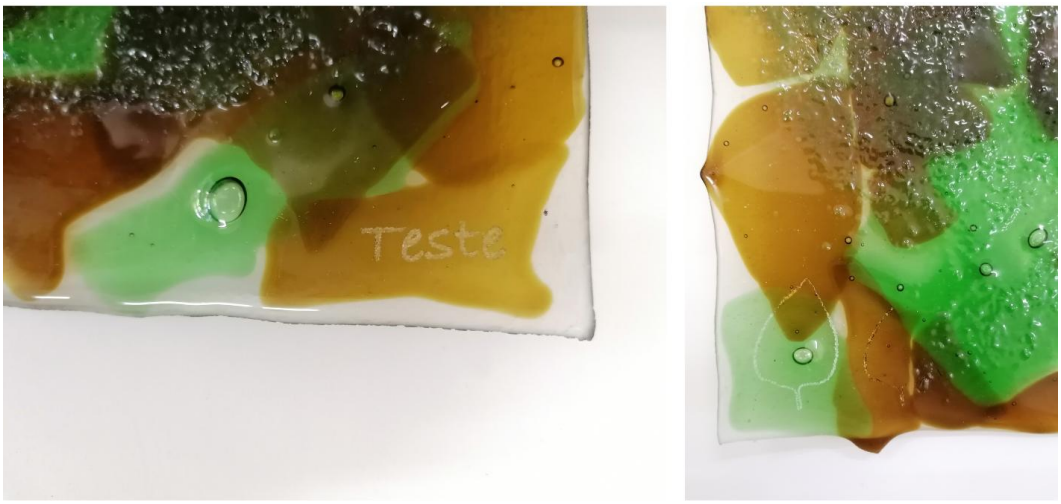


Fig. 169: Vista aproximada do protótipo: racha, devido ao choque térmico da gravação a laser. Fonte: Imagem da autora (2025).

3.5.2.1. Suporte para as peças

O último teste de detalhes que se realizou foi um suporte para as peças feitas a partir do primeiro molde. Primeiramente, desenhou-se, com o auxílio da equipa de orientação (Fig. 170). Seguidamente, simulou-se, no SolidWorks (Figs. 171, 173, 175) e em impressão 3D (Figs. 172, 174 e 176), uma elevação do protótipo em vidro.

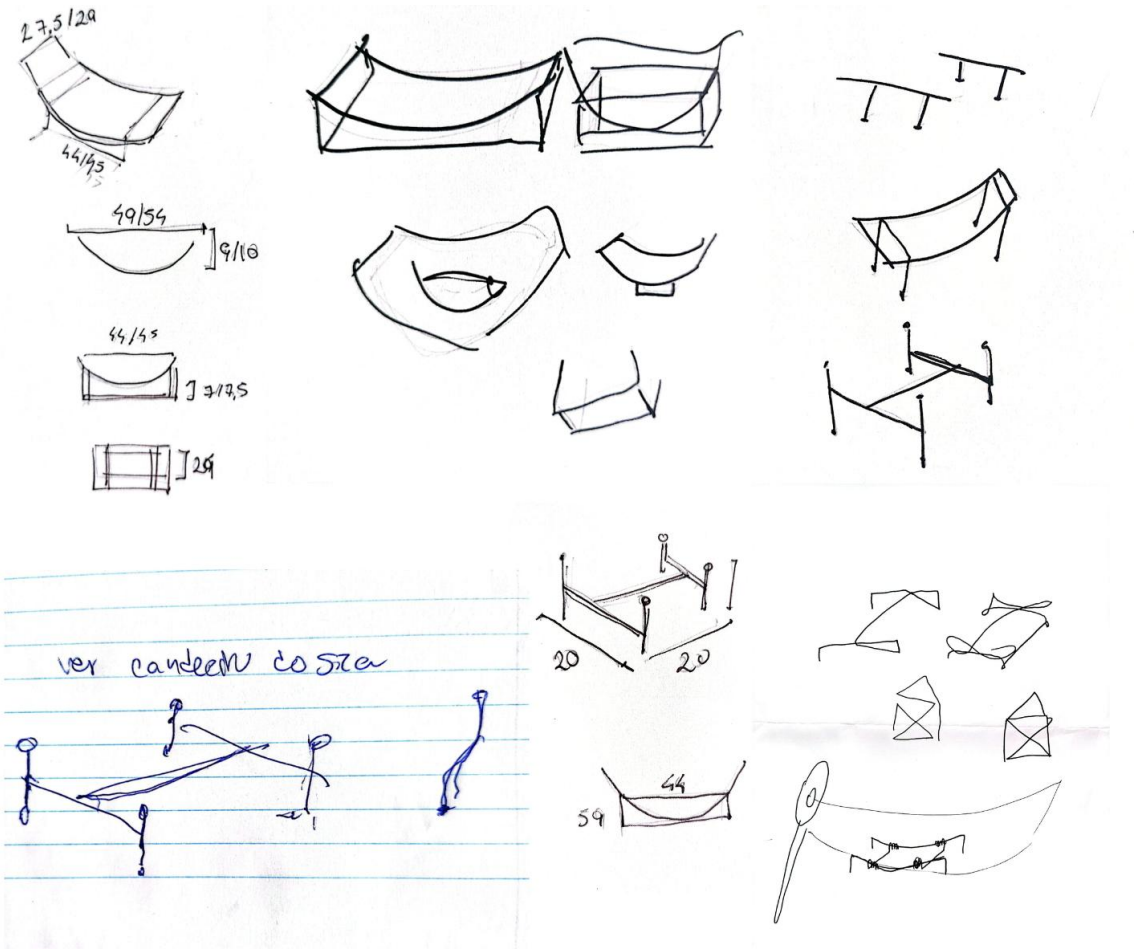


Fig. 170: Desenhos exploratórios e esquemáticos do suporte, realizados pela autora e a equipa de orientação. Fonte: Imagem da autora (2025).

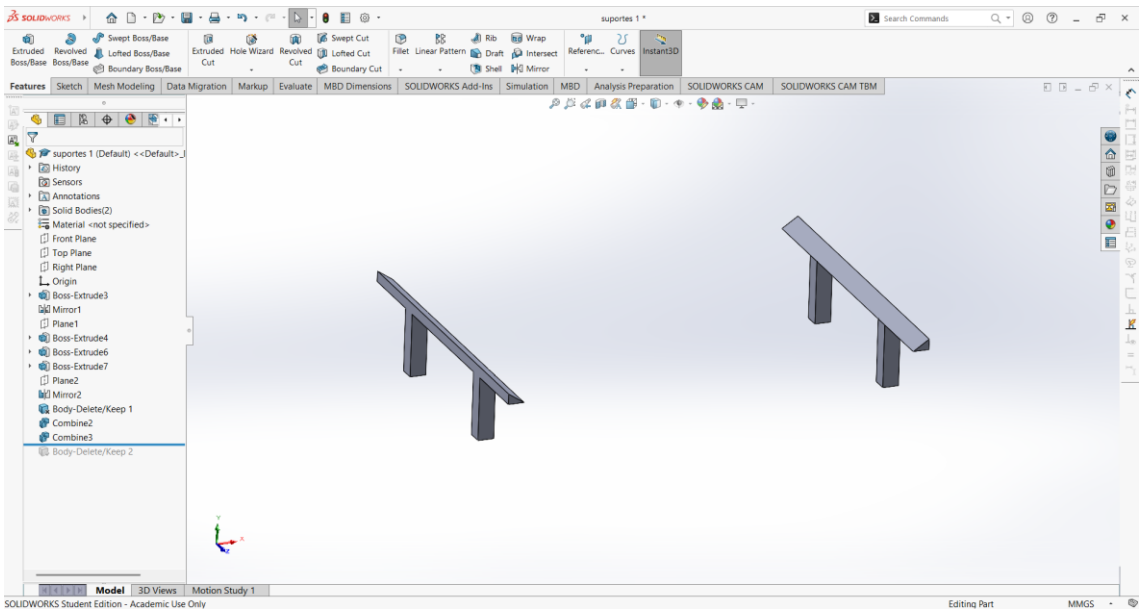


Fig. 171: Simulação do suporte 01 no SolidWorks. Fonte: Imagem da autora (2025).



Fig. 172: Simulação do suporte 01 com impressão 3D em PLA. Fonte: Imagem da autora (2025).

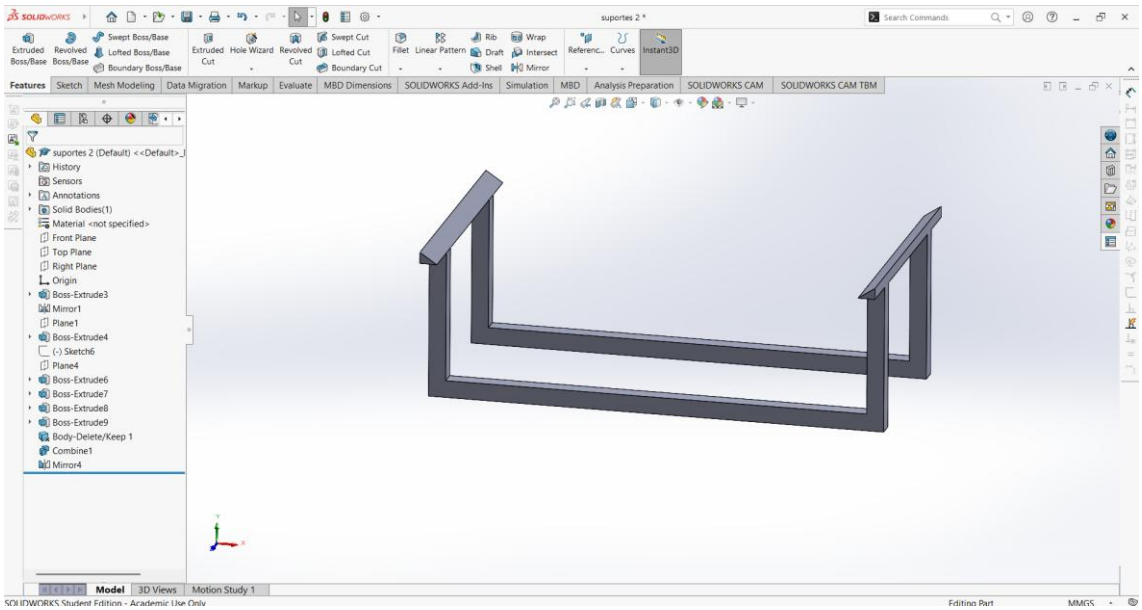


Fig. 173: Simulação do suporte 02 no SolidWorks. Fonte: Imagem da autora (2025).

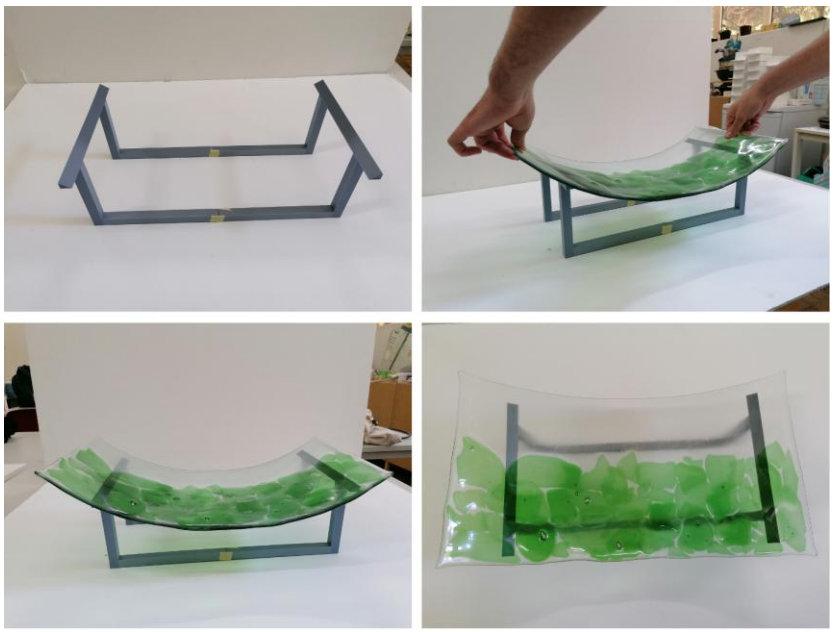


Fig. 174: Simulação do suporte 02 com impressão 3D em PLA. Fonte: Imagem da autora (2025).

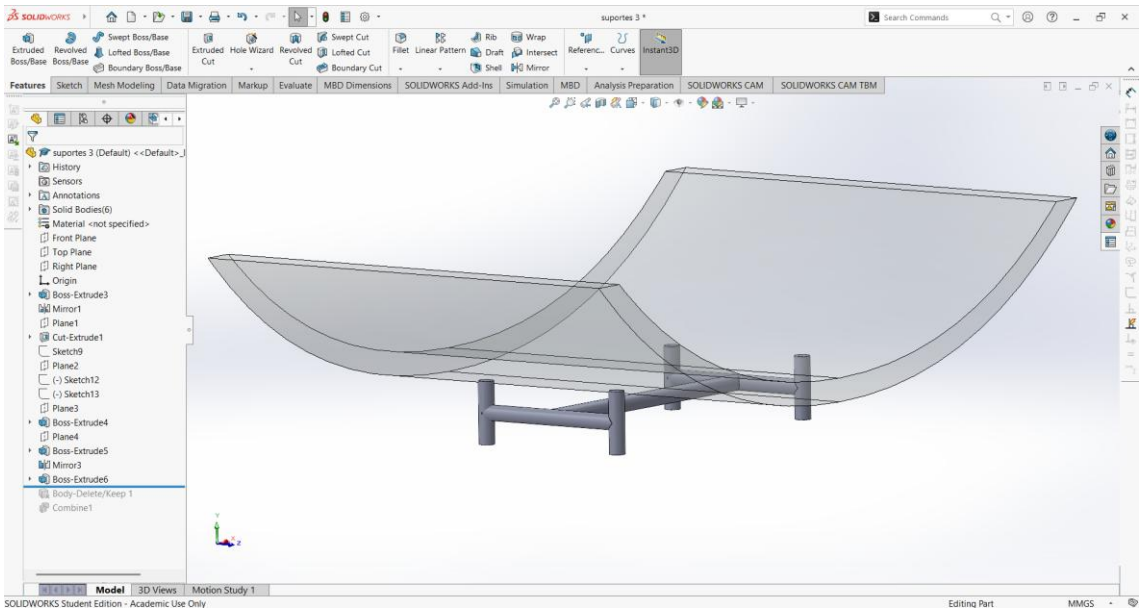


Fig. 175: Simulação do suporte 03 no SolidWorks. Fonte: Imagem da autora (2025).



Fig. 176: Simulação do suporte 03 com impressão 3D em PLA. Fonte: Imagem da autoria de Simão Afonso (2025).

Nesta fase, realizou-se um contacto com o artista plástico Simão Bolívar, conhecido pelo seu projeto Simão Feito à Mão, no qual reaproveita diversos materiais para a criação de brinquedos mecânicos, como metais e madeiras provenientes de outros artefactos. O artista desenhou um suporte, com atenção à delicadeza da peça de vidro, que requereu um subtil apoio. Para tal,

baseou-se nos desenhos realizados pela autora e a equipa de orientação (Fig. 170). Planeou o material tendo em conta o projeto, e utilizou cabides antigos de arame. Dos protótipos (Fig. 177) avançou para a peça final, singela e elegante (Fig. 178).



Fig. 177: Protótipos para o suporte realizados pelo Simão Bolívar. Fonte: Imagem da autora (2025).



Fig. 178: Suporte realizado pelo Simão Bolívar. Fonte: Imagem da autora (2025).

Os resultados foram discutidos com a equipa de orientação e colegas, para que se analisasse todo o percurso da investigação e, por conseguinte, se concluísse o projeto, com as propostas finais (Fig. 179).



Fig. 179: Reunião com grupo de orientação e colegas, no dia 18 de julho de 2025. Fonte: Imagem da autoria de Cláudia Lima (2025).

3.5.3. Propostas finais

Em *As Cidades invisíveis*, Calvino (1972) apresenta cidades imaginárias, descritas por Marco Polo a Kublai Khan, que se erguem a partir de fragmentos de memórias, desejos e possibilidades. Estas não existem como lugares fixos, mas como projeções de possibilidades, materializações do onírico, de experiências e metamorfoses do olhar sobre o espaço. No presente projeto de investigação, assume-se, de igual modo, um material com passado, que é o vidro de garrafa e discute-se novas possibilidades de existência para o mesmo, movido pela narrativa material, assumindo-se novas formas, usos e significados. Se a cidade é mais que pedras e ruas, o vidro é mais que um resíduo. Fazendo uma analogia com as cidades de Calvino, constroem-se artefactos a partir de fragmentos e recordações daquilo que já foi, projetando aquilo que poderá ainda ser.

Perante a investigação realizada até à presente etapa, foram-se retirando as conclusões, elencadas ao longo dos capítulos, para que pudessem ser realizados os artefactos finais. A nível formal, selecionaram-se os moldes maiores. Por outro lado, a nível técnico, optou-se pelas cores verde e castanho de vidro reciclado, fundidas com vidro *float* (devido às incompatibilidades detetadas, elencadas nos capítulos 3.3.2., 3.5.1.1. e 3.5.1.3.). Além disso, utilizou-se papel ThinFire, por cima da lã cerâmica na mufla, para as peças ficarem sem textura de ambos os lados (capítulo 3.5.1.1.). Também se percebeu que era importante uma descida lenta e com vários passos, portanto reviu-se o programa e concluiu-se que a mufla C seria a indicada para realização da fusão, uma vez que permite mais passos, enquanto a mufla A poderia ser utilizada para o *slumping*, que não requer tantos passos:

Mufla C (fusão):

12h ↑ 575° ↔ 30’

0’ ↑ 800° ↔ 3’

0’ ↓ 575° ↔ 5h

6h ↓ 470° ↔ 4h

5h ↓ 370° ↔ 2h

6h ↓ 80°

Mufla A (*slumping*):

6h ↑ 640° ↔ 7’

45’ ↓ 565° ↔ 5h

8h ↓ 400° ↔ 4h

5h ↓ 300°

6h ↓ 80°

Os meses de junho e julho de 2025 foram dedicados à preparação e execução das peças finais (Figs. 180 a 198).



Fig. 180: Preparação dos vidros para as propostas finais. Fonte: Imagem da autoria de Eduardo Alves (2025).

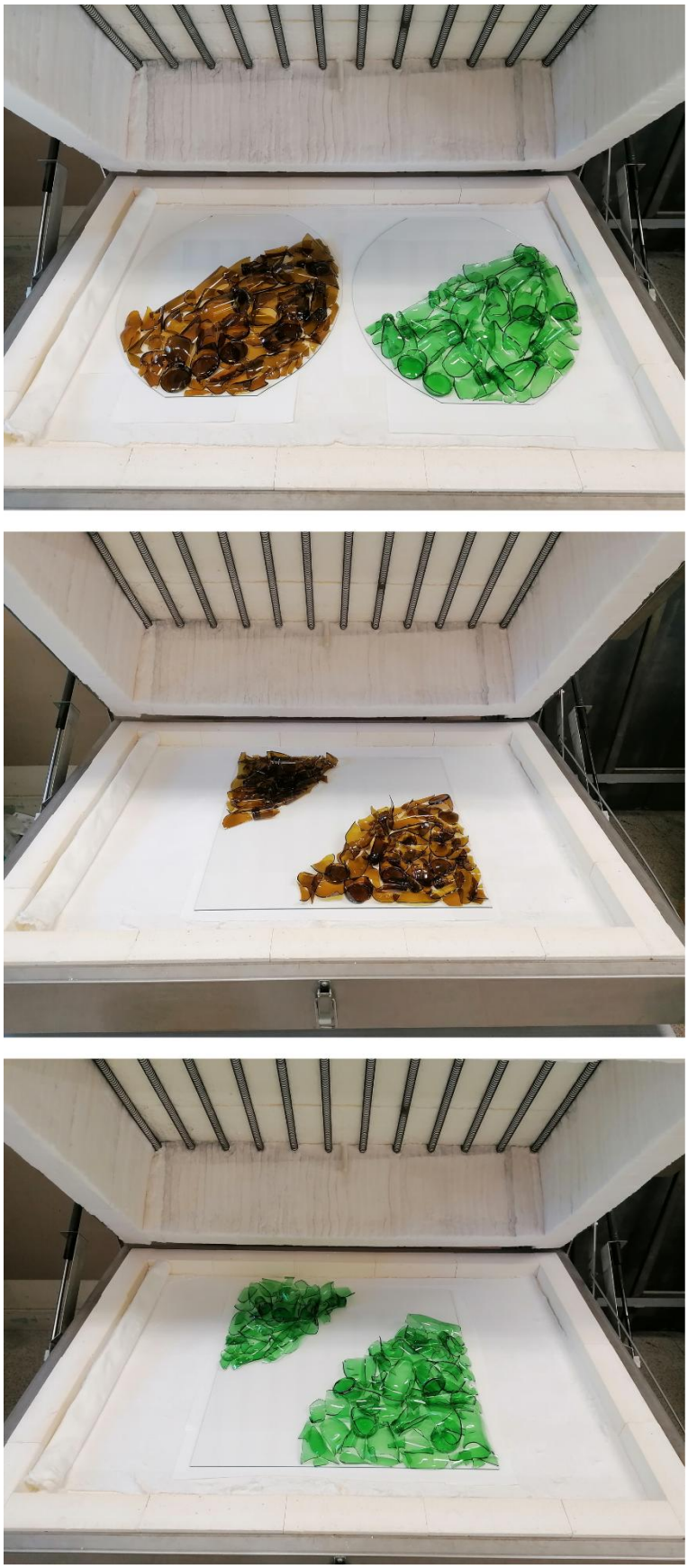


Fig. 181: Propostas finais, antes da fusão, na mufla C. Fonte: Imagem da autora (2025).



Fig. 182: Propostas finais, depois da fusão, antes do *slumping*, na mufla A. Fonte: Imagem da autora (2025).



Fig. 183: Proposta final 01 (10 x 52 x 58 cm) (1). Fonte: Imagem da autora (2025).



Fig. 184: Proposta final 01 (10 x 52 x 58 cm) (2). Fonte: Imagem da autora (2025).



Fig. 185: Proposta final 01 (10 x 52 x 58 cm) (3). Fonte: Imagem da autora (2025).



Fig. 186: Proposta final 02 (10 x 52 x 58 cm) (1). Fonte: Imagem da autora (2025).

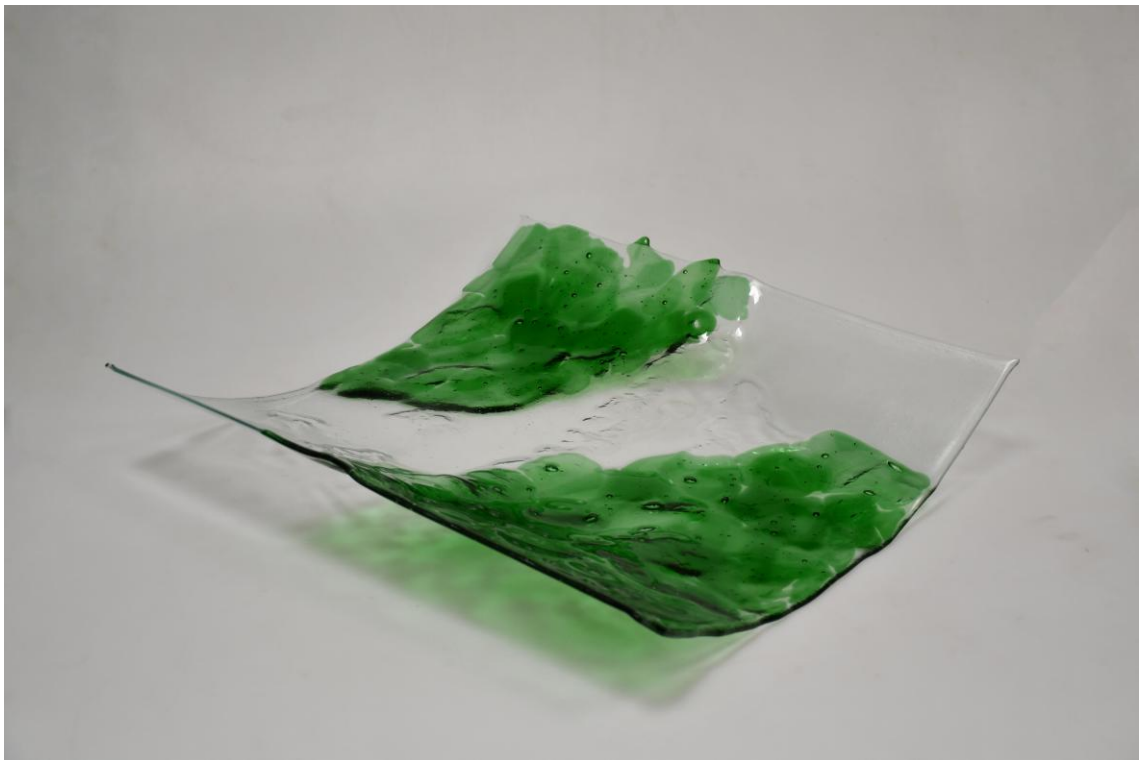


Fig. 187: Proposta final 02 (2). Fonte: Imagem da autora (2025).



Fig. 188: Proposta final 02 (10 x 52 x 58 cm) (3). Fonte: Imagem da autora (2025).

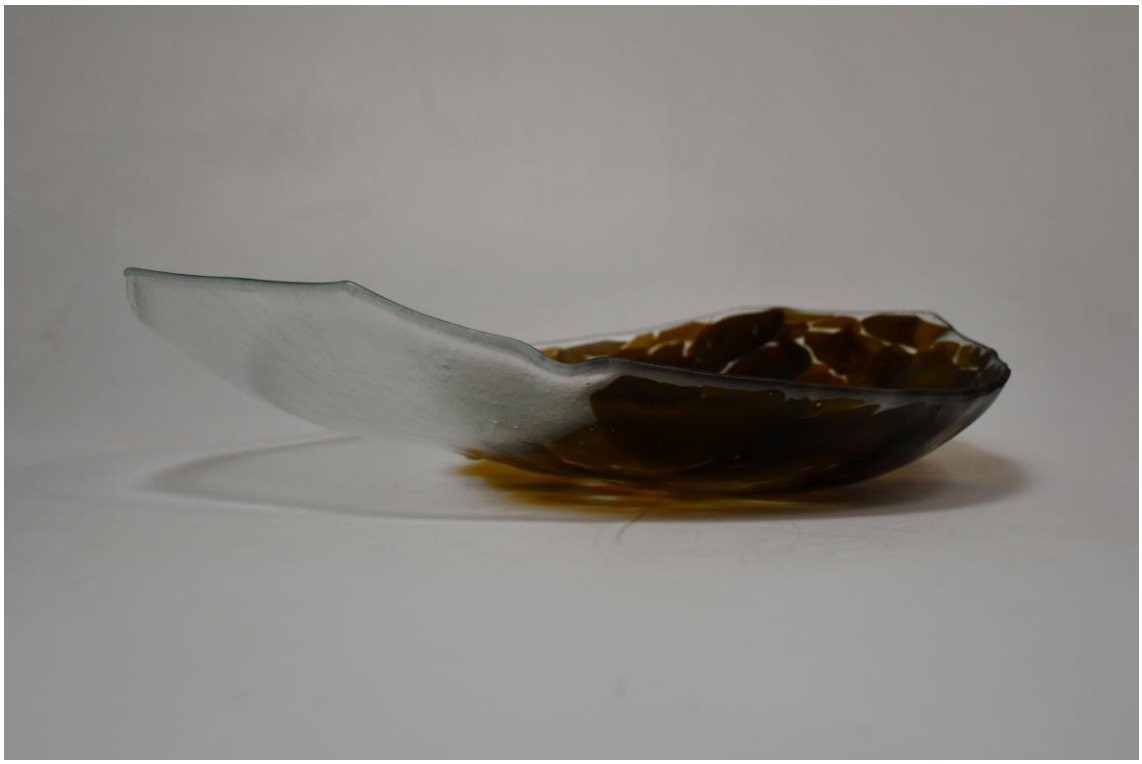


Fig. 189: Proposta final 03 (10 x 50 x 44 cm) (1). Fonte: Imagem da autora (2025).



Fig. 190: Proposta final 03 (10 x 50 x 44 cm) (2). Fonte: Imagem da autora (2025).

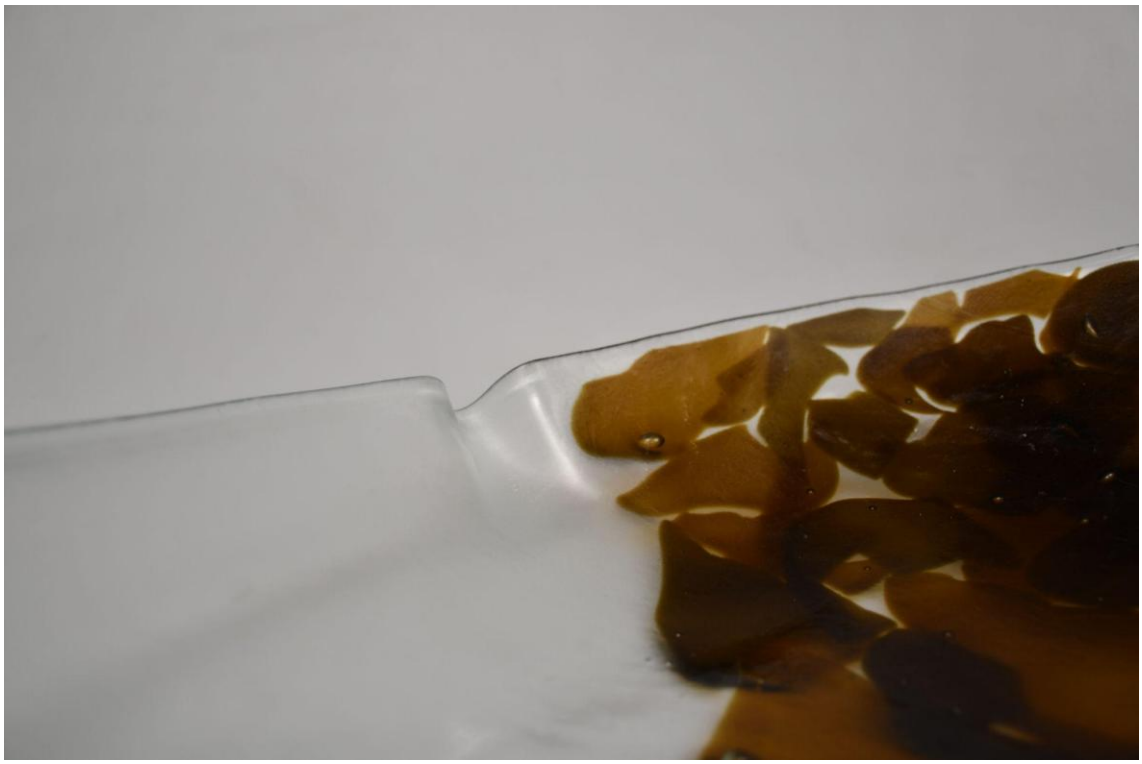


Fig. 191: Proposta final 03 (10 x 50 x 44 cm) (3). Fonte: Imagem da autora (2025).



Fig. 192: Proposta final 03 (10 x 50 x 44 cm) (4). Fonte: Imagem da autora (2025).



Fig. 193: Proposta final 04 (10 x 50 x 44 cm) (1). Fonte: Imagem da autora (2025).



Fig. 194: Proposta final 04 (10 x 50 x 44 cm) (2). Fonte: Imagem da autora (2025).



Fig. 195: Proposta final 04 (10 x 50 x 44 cm) (3). Fonte: Imagem da autora (2025).



Fig. 196: Proposta final 04 (10 x 50 x 44 cm) (4). Fonte: Imagem da autora (2025).

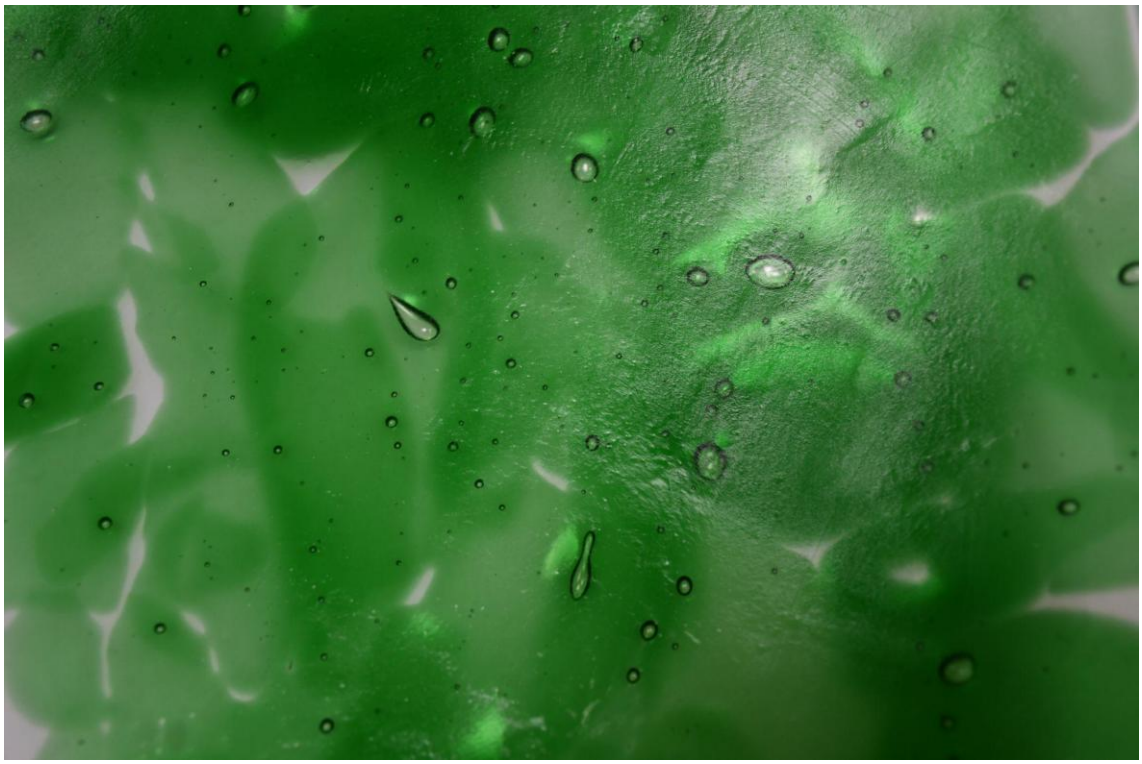


Fig. 197: Proposta final 04 (10 x 50 x 44 cm) (5). Fonte: Imagem da autora (2025).



Fig. 198: Proposta final 04 (10 x 50 x 44 cm) (6). Fonte: Imagem da autoria de Simão Afonso (2025).



Capítulo 4. Análise dos resultados.

4. Análise dos resultados

Os artefactos finais representam a consolidação material e conceptual do projeto, resultado de um processo que se baseia na experimentação constante, na adaptação técnica e na reflexão crítica sobre a matéria e os recursos disponíveis. A escolha do vidro *float* e de garrafa, verde e castanho, permitiu explorar tonalidades, transparências e texturas de forma controlada, testando as possibilidades plásticas do material reciclado.

O processo foi progressivo, iniciando-se com peças de pequena escala, para, posteriormente, permitir o aumento da dimensão das peças, tirando partido da capacidade das muflas. Esta progressiva complexificação viabilizou a compreensão de incompatibilidades que só se manifestam em superfícies maiores, validando a importância da prática contínua na construção de conhecimento, central para o domínio do *know-how.*

A nível técnico, foram tomadas decisões conscientes, advindas da constante experimentação: desde a seleção dos moldes, à escolha do papel ThinFire para assegurar superfícies lisas, até à construção de programas de cozedura que respondessem às exigências térmicas do vidro e às limitações energéticas da mufla. A distribuição estratégica das peças por ciclo maximizou a eficiência do processo e refletiu uma lógica de sustentabilidade que acompanhou todo o projeto.

Formalmente, as peças apresentam coerência e equilíbrio, com uma linguagem que transita entre a organicidade da matéria reciclada e o controlo técnico do *slumping*. Os formatos similares criam um diálogo visual entre as peças, e as manchas cromáticas controladas valorizam as especificidades do vidro recolhido. Estes artefactos, para além de objetos, são também veículos discursivos, dado que materializam o ciclo do vidro e tornam visível o potencial dos resíduos enquanto matéria-prima regenerada.

A produção dos presentes artefactos não é um fim isolado, mas parte integrante de um processo que alia conhecimento técnico, decisão projetual e consciência ambiental, que perpetua enquanto for relevante e é somente um começo para aquilo que pode ser uma exploração mais profunda. A incessante experimentação ao longo do percurso deste projeto de investigação confirma que esta prática no design é uma forma de adquirir conhecimento, indo ao encontro daquilo que Frayling teoriza (1993). A investigação é, segundo o autor, talvez a atividade mais importante para nutrir a prática do design, arte e artesanato. Do mesmo modo, Archer (1995) faz um paralelo entre a investigação e o design, admitindo que o design é uma atividade

sistemática, planeada e metódica, objetivando criar conhecimento novo, documentado e que está apto para ser partilhado.



Capítulo 5. Conclusões.

5. Conclusões

5.1. Resposta à questão

Numa reflexão final, a investigação procurou não somente encontrar uma solução técnica para o reaproveitamento do vidro, como também desenvolver uma prática sensível à materialidade e à sua transformação, propondo artefactos com valor estético, simbólico e funcional. No decorrer da investigação, procurou-se disseminar resultados em diferentes estágios de desenvolvimento através de canais científicos (ver publicações nos anexos 1 a 4). A presente investigação deu origem a um artigo aceite para a Digicom, com conferência realizada em novembro, desenvolvido ao longo do processo. Na conclusão do projeto foi submetido outro artigo para a Ergotrip, com conferência em dezembro. Além disso, como culminar da investigação submeteu-se um artigo científico para a revista Convergências.

As formas finais não surgem como solução formal, mas como resultado de um percurso de experimentação e construção de conhecimento. O design, neste contexto, não é apenas um veículo para a resolução de problemas, mas também uma ferramenta crítica.

A investigação teve início com a questão " como pode o design contribuir para o ciclo do vidro de garrafa?". Ao longo do processo, demonstrou-se que o design tem a capacidade de intervir de forma consciente e crítica sobre o ciclo de vida de resíduos, oferecendo-lhes novos significados, formas e funções. No caso do vidro de garrafa, uma matéria abundante e muitas vezes negligenciada, o design atua como mediador entre o resíduo e o potencial do artefacto, reintroduzindo-o no sistema produtivo através de abordagens sustentáveis e responsáveis.

Assim, o projeto comprova que é possível contribuir para o ciclo do vidro não apenas através da reciclagem convencional, mas através da reintegração do material em novos contextos. Os artefactos desenvolvidos refletem uma lógica circular, valorizando, igualmente, o processo manual e a produção em pequena escala. Nesta perspetiva, o design não intervém em concorrência com a reciclagem industrial, mas como complemento, transformando o desperdício em peças autorais que acrescentam valor à matéria-prima e revelam o seu potencial latente. O design atua como agente de mediação entre matéria e técnica. Está inerente ao projeto uma simbiose entre economia circular, design e prática de investigação.

Jacques Rancière, em *O espectador emancipado* (2008), defende que todos têm a capacidade de interpretar, compreender e agir, recusando a ideia de um emissor ativo e de um recetor passivo. Fazendo o paralelo com o design, a prática crítica, que não se limita à produção de

artefactos funcionais, mas promove uma relação ativa entre o material, o criador e o utilizador. Manzini (2015) propõe um design mais atento à comunidade, capaz de gerar valor simbólico e envolvimento. Tal como Rancière propõe um espectador ativo, que observa criticamente, interpreta e atribui sentido ao que vê, também o design pode atuar como agente provocador. Em vez de oferecer soluções fechadas, o design tem o potencial de criar objetos que levantam questões sobre os modos de produção e consumo contemporâneos. Assim, aproxima-se da visão de Manzini, que reforça o design como um campo capaz de impulsionar mudanças sociais e ecológicas, promovendo uma participação consciente na construção de futuros mais sustentáveis. Citando Rancière, "Exige dos espectadores que desempenhem o papel de intérpretes ativos, que elaborem a sua própria tradução para se apropriarem da «história» e dela fazerem a sua própria história. Uma comunidade emancipada é uma comunidade de contadores e tradutores." (2008, p. 35).

Na presente investigação, os artefactos finais, produzidos através da fusão de vidros reciclados, materializam a ligação entre o conceito do espectador emancipado e a prática do design. Tal como proposto por Rancière, estas peças não impõem uma interpretação única, mas permitem ao utilizador ou observador estabelecer as suas próprias leituras sobre o material, o processo e a história que carregam. Revelam quer as suas marcas e singularidade da produção, quer as características do artefacto original, a garrafa de vidro. Salientam a consciência crítica sobre o ciclo dos materiais. Os artefactos evidenciam que o design pode prolongar o ciclo de vida do vidro, abrindo caminho a novas funções e contextos de utilização, reforçando-o como ferramenta para práticas sustentáveis e socialmente relevantes.

5.2. Limitações ao estudo

O projeto de investigação tem como objetivo valorizar desperdícios de vidro. Neste sentido, as garrafas foram recolhidas do lixo. No entanto, é relevante salientar que para um profundo estudo do comportamento do material é crucial a realização de testes de COE com o auxílio de um dilatómetro e, ainda, verificar tensões internas nas peças com um polariscópio (capítulo 3.3.2.). Vidros de fábricas diferentes, com composições distintas podem vir a partir, mesmo aparentando ser iguais, e isso torna o processo complexo e problemático. Isto é percetível tanto pela revisão da literatura recolhida, como pelo processo experimental. Reciclar vidros distintos é complicado. Na presente investigação, optou-se pela utilização de vidros da mesma fábrica procurando minimizar esta limitação ao estudo, porém, mesmo assim, o COE revelou-se distinto

em diferentes garrafas, nomeadamente em diferentes cores. Para contrabalançar estas propriedades do vidro, e ser possível fundir dois vidros com COE diferentes, uma possibilidade é aumentar as curvas de recozimento do vidro, o que, eventualmente, poderá resultar e o vidro não rachar.

5.3. Desenvolvimentos futuros

5.3.1. Desenvolvimentos futuros próprios

Como referido anteriormente, a produção dos artefactos apresentados não constitui um fim em si mesmo, mas integra um processo que combina conhecimento técnico, decisão projetual e consciência ambiental. Este percurso não se encerra aqui; pelo contrário, representa apenas o início de uma exploração que pode ser aprofundada. A experimentação contínua, desenvolvida ao longo deste projeto, reafirma que, no design, a prática é um meio essencial de construção de conhecimento.

Partindo disto, pretende-se dar continuidade à experimentação com vidro de garrafa, aprofundando o estudo das combinações cromáticas e explorando novas escalas e tipologias formais. A ampliação do leque de moldes, tanto em formato como em dimensão, poderá permitir testar os limites técnicos do material e descobrir novas expressões visuais e tácteis. É igualmente relevante integrar processos de acabamento, que melhorem a qualidade estética das peças, sem descaracterizar a materialidade do vidro reaproveitado. Também está em aberto a introdução de outros materiais compatíveis, reciclados ou naturais, para diferentes contrastes visuais. Além disso, pode-se investir na produção de pequenas séries que preservem o caráter artesanal, mantendo a individualidade de cada artefacto, mas com o intuito da repetição. Assim, o trabalho poderá evoluir de um contexto experimental para um modelo de produção mais estruturado e sustentável.

5.3.2. Propostas em aberto

5.3.2.1. Potenciais investigações

Os vidros de garrafa têm propriedades diferentes e, por isso, são incompatíveis uns com os outros e podem ser inconstantes na sua trabalhabilidade. Uma potencial investigação seria a

experimentação com vidros de garrafa de diferentes marcas, interligá-los e perceber se podem ser fundidos uns com os outros. Ou, caso incompatíveis, indagar outras soluções para coexistirem no mesmo projeto.

Há espaço para uma investigação mais aprofundada sobre o comportamento térmico e as compatibilidades químicas entre diferentes tipos de vidro pós-consumo, especialmente quando fundidos em conjunto. O impacto da introdução de aditivos naturais, resíduos industriais não contaminantes ou pigmentos orgânicos poderá abrir novas possibilidades. Por outro lado, a aplicação de metodologias participativas, envolvendo comunidades, cafés, restaurantes e outros parceiros locais na recolha e triagem do vidro, permitiria criar um sistema colaborativo de produção, aproximando o design do contexto social e ambiental. Outra potencial investigação pode-se focar em otimizar processos para que estes sejam energeticamente mais eficientes, explorando, por exemplo, fornos alimentados por fontes renováveis ou o aproveitamento de calor residual de outras indústrias.

5.3.2.2. Potenciais aplicações

Os artefactos desenvolvidos no âmbito desta investigação demonstram que o vidro de garrafa reaproveitado pode assumir múltiplas funções e contextos de aplicação, mantendo-se fiel à sua identidade material e à narrativa de sustentabilidade que o envolve. No campo utilitário, os artefactos resultantes apresentam potencial para serem usados como recipientes para alimentos, elementos de serviço de mesa ou peças de organização doméstica. Na vertente decorativa, e refletindo a formalidade dos artefactos, abrem possibilidades para a criação de objetos de destaque em ambientes interiores, funcionando como centros de mesa, elementos escultóricos ou peças de iluminação quando adaptadas a suportes adequados.

Para além de objetos autónomos, a técnica desenvolvida pode ser aplicada na produção de componentes para mobiliário ou revestimentos arquitetónicos, como mosaicos, painéis translúcidos ou superfícies decorativas que aproveitam a refração da luz para criar efeitos visuais únicos. Existe ainda potencial para integrar o vidro reciclado em contextos artísticos de maior escala, como instalações públicas que comuniquem visualmente a importância da economia circular e da reutilização de resíduos.

Estas aplicações não se limitam a reproduzir formas tradicionais, mas exploram a capacidade expressiva do material e a história que ele carrega, desde a sua vida anterior como embalagem

até à sua transformação nos artefactos presentes. Ao perpetuar o ciclo de vida do vidro, não apenas se evita o desperdício, como também se cria um campo fértil para o design assumir um papel ativo na regeneração material, inspirando práticas mais conscientes e responsáveis ecologicamente e socialmente.

Bibliografia

Agostinho, V. (2013). *Moldes mutantes*. (Tese de Mestrado). ESAD Caldas da Rainha, Caldas da Rainha, Portugal.

Alencar, M., Lima, C., & Mendonça, R. (2023). Um contributo do design para a questão dos desperdícios gerados pelo setor da construção civil. *Convergências: Revista de Investigação e Ensino Das Artes*, *16*, 15–23. https://doi.org/10.53681/c1514225187514391s.32.199

Almeida, T. (2011). *O vidro como material plástico: Transparência, luz, cor e expressão.* (Tese de Doutoramento). Universidade de Aveiro, Aveiro, Portugal.

Almeida, T. (2020). Design glass objects: The Portuguese panorama. *Arts*, *9*(3), 79. https://doi.org/10.3390/arts9030079

Almeida, T. (2024). Glass in fine art: Contemporary approaches in the 21st century in the Portuguese panorama. *Arts & Communication*, *0*(0), 2777. https://doi.org/10.36922/ac.2777

Alonso, A. (2016). *Resíduos de vidro e resíduos de construção e demolição no cimento*. (Tese de Mestrado). FEUP, Porto, Portugal.

Amorim, I. (2024). *Do industrial ao orgânico: Convergências materiais e sensíveis na prática artística*. (Tese de Mestrado). FBAUP, Porto, Portugal.

Archer, B. (1995). The nature of research. *Codesign*, 6–13.

Bayoucefi, S. (2017). *In between manipulated pâte de verre*. (Tese de Mestrado). FCT UNL, FBAUL, Lisboa, Portugal.

Beveridge, P., Doménech, I., & Pascual, E. (2004). *O vidro: Técnicas de trabalho de forno* (1st ed.). Editorial Estampa.

Bristogianni, T., & Oikonomopoulou, F. (2022). Glass up-casting: A review on the current challenges in glass recycling and a novel approach for recycling “as-is” glass waste into volumetric glass components. *Challenging Glass 8: Conference on Architectural and Structural Applications of Glass, CGC 2022*, 255–302. https://doi.org/10.1007/s40940-022-00206-9

Brito, L. B. Q., Agrawal, P., Mélo, T. J. A. de, Brito, G. de F., & Morais, C. R. da S. (2023). Recycling of waste glass for the production of hollow blocks using the kiln-casting process. *Cleaner Waste Systems*, *4*. https://doi.org/10.1016/j.clwas.2023.100079

Brown, T. (2008). Design thinking. *Harvard Business Review*, *86*, 84–92.

Calvino, I. (1972). *As cidades invisíveis* (5th ed.). D. Quixote.

Colangelo, S. (2024). Reducing the environmental footprint of glass manufacturing. *International Journal of Applied Glass Science*, *15*(4), 350–366. https://doi.org/10.1111/ijag.16674

Cummings, K. (1997). *Techniques of kiln-formed glass* (1st ed.). Londres: A&C Black Publishers Limited.

Cummings, K. (2009). *Contemporary kiln-formed glass: A world survey* (1st ed.). University of Pennsylvania Press, Incorporated.

Durán, A., & Parker, J. (2024). *Celebrating glass, achieving sustainability, inspiring transformation*.

Ebanks, D. (2018). *The fundamentals of kiln-casting & mould-making*.

Eichner, T., & Pethig, R. (2001). Product design and efficient management of recycling and waste treatment. *Journal of Environmental Economics and Management*, *41*(1), 109–134. https://doi.org/10.1006/jeem.2000.1126

Ellen MacArthur Foundation. (2013). *Towards the circular economy: Economic and business rationale for an accelerated transition*.

Elshazly, N., Saad, M. M., el Backly, R. M., Hamdy, A., Patruno, M., Nouh, S., Saha, S., Chakraborty, J., Marei, M. K., & Marei, M. K. (2023). Nanoscale borosilicate bioactive glass for regenerative therapy of full-thickness skin defects in rabbit animal model. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, *11*. https://doi.org/10.3389/fbioe.2023.1036125

Ennes, P., Mabille, G., & Thiebaut, P. (1994). *Histoire de la table* (1st ed.). Flammarion.

Ferreira, C. (2012). *Avaliação de riscos na reparação de moldes para vidro de embalagem*. (Tese de Mestrado). FEUP, Porto, Portugal.

Ferreira, I. (2001). *Caracterização da indústria de moldes na região da Marinha Grande, na óptica da Qualidade*. (Tese de Mestrado). EGP, Porto, Portugal.

Frayling, C. (1993). Research in art and design. *Royal College of Art Research Papers*, *1*(1).

Gato, A. (2017). *Design & vidro: A herança da indústria nacional da Marinha Grande*. (Tese de Mestrado). FBAUL, Lisboa, Portugal.

Gong, Y., & Whelton, J. (2019). In conversation: Ellen MacArthur: From linear to circular. *She Ji*, *5*(3), 247–256. https://doi.org/10.1016/j.sheji.2019.08.001

Gronostajska, B. E., & Urbanowicz, K. (2021). Color in selected artistic glass compositions by Tomasz Urbanowicz as an element of intervention in historic buildings and contemporary architecture. *Arts*, *10*(4), 79. https://doi.org/10.3390/arts10040079

Gülaçti, N. (2012). The application of pate-de-verre technique with chamotte mud moulds in mother goddess forms. *Journal of World of Turks ZfWT*, *4*(3), 191–201.

Halem, H. (1996). *Glass notes: A reference for the glass artist* (3rd ed.). Franklin Mills Press.

Hynes, M. J., & Jonson, B. (1997). Lead, glass and the environment. *Chemical Society Reviews*, *26*, 133–146. https://doi.org/DOIhttps://doi.org/10.1039/CS9972600133

Kehlmann, R. (2002). *The inner light: Sculpture by Stanislav Libensky and Jaroslava Brychtova* (1st ed.). Museum of Glass, International Center for Contemporary Art.

Lelah, A., Mathieux, F., & Brissaud, D. (2011). Contributions to eco-design of machine-to-machine product service systems: The example of waste glass collection. *Journal of Cleaner Production*, *19*(9–10), 1033–1044. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2011.02.003

Lema, P. (1996). Tradição e inovação do sistema produtivo local da Marinha Grande. *Revista Da Faculdade de Ciências Sociais e Humanas*, *9*, 381–390.

Loureiro, I. (2020). *Ligação de cores ao cristal e ao vidro da Atlantis*. (Tese de Mestrado). Universidade de Aveiro, Aveiro, Portugal.

Manzini, E. (1993). *A matéria da invenção*. Centro Português do Design.

Manzini, E. (2015). *Design, when everybody designs*. The MIT Press.

Margolin, V. (2002). *The politics of the artificial*. The University of Chicago Press.

Marques, E. (1998). Ritmos da matéria, ritmos de trabalho, razão e poder: O caso do fabrico de vidro na Marinha Grande. *Revista Da Faculdade de Ciências Sociais e Humanas*, *12*, 173–193.

Martin, B., & Hanington, B. (2012). *Universal methods of design*. Rockport Publishers.

Mendes, J. A. (n.d.). *A concentração da indústria vidreira na Marinha Grande*. 357–368.

Mendes, J. A. (2002). *História do vidro e do cristal em Portugal*. Edições Inapa. Colecção História de arte.

Monteiro, B., Pereira, J., & Azevedo, C. (2013). *De pé sobre a terra. Estudos sobre a indústria, o trabalho e o movimento operário em Portugal.*

Monteiro, P. (2007). *O vidro na ciência e na arte: Discursos partilhados*. (Tese de Mestrado). Universidade de Aveiro, Aveiro, Portugal.

Navarro, J. (2003). *El vidrio*. Consejo Superior de Investigaciones Científicas.

Norman, D. (2004). *Emotional design*. Basic Books.

Norman, D. (2023). *Design for a better world*. The MIT Press.

Oseng, T. E., Donne, K. E., & Bender, R. (2009). Physical and aesthetic properties of fused recycled bottle glass. *Making Futures*, *1*, 249–265. https://makingfutures-journal.org.uk/index.php/mfj/article/view/30

Oseng-Rees, T. E., & Donne, K. E. (2015). Innovation and development of a new recycled glass material. *Glass Technology: European Journal of Glass Science and Technology Part A*, *56*(2), 43–51. https://doi.org/10.13036/17533546.56.2.43

Oseng-Rees, T. E., Donne, K. E., Bender, R., & Brown, R. D. H. (2014). Developing design criteria for fused recycled glass tiles. *Craft Research*, *5*(1), 55–80. https://doi.org/10.1386/crre.5.1.55_1

Papanek, V. (1971). *Design for the real world*. Bantam Books.

Pares, G. (2020). *Moulds recipe decrets*. (Tese de Mestrado). FCT UNL, FBAUL, Lisboa, Portugal.

Pereira, A. (2006). *Desenvolvimento de novos produtos em vidro utilizando tecnologias de prototipagem Rápida*. (Tese de Mestrado). FEUP, ESAD Matosinhos, Porto, Portugal.

Pereira, A., Pereira, C., & Almeida, T. (2022). *O vidro reciclado na prática artística: Fusão e slumping* (Vol. 1). Editora i2ads. https://doi.org/10.54499/UIDB/00729/2020

Pereira, D. (2014). *Análise e seleção de material para moldes de vidro de mesa*. (Tese de Mestrado). Escola Superior de tecnologia e Gestão IPL, Leiria, Portugal.

Pereira, R. (2017). *Encontro*. (Tese de Mestrado). ESAD Caldas da Rainha, Caldas da Rainha, Portugal.

Qizi, N., & Tahirovich, A. (2022). Glass containers, classification of their composition, characteristics. *Texas Journal of Engineering and Technology*, *14*, 34–35. https://zienjournals.com/index.php/tjet/article/view/2762

Rafeiro, A. (2021). *Desenvolvimento de moldes e ferramentas para a cerâmica utilitária*. (Tese de Mestrado). Universidade de Aveiro, Aveiro, Portugal.

Rancière, J. (2008). *O espectador emancipado* (J. M. Justo, Trans.; 1st ed.). Orfeu Negro.

Reis, S. (2014). *Arbor*. (Tese de Mestrado). ESAD Caldas da Rainha, Caldas da Rainha, Portugal.

Ruivo, A. (2013). *Synthesis and characterization of innovative luminescent glasses for artistic applications*. (Tese de Doutoramento). FCT UNL, Lisboa, Portugal.

Saad, N., & Salim, E. A. (n.d.). *An experimental study to develop pate de verre technique for reforming the glass powder thermally by using adhesives*.

Santos, C. (2021). *Autorias e design de vidro em Portugal (1950-2000)*. (Tese de Doutoramento). FAUL, Lisboa, Portugal.

Santos, C. R., Vilarigues, M., Dabas, P., Coutinho, I., & Palomar, T. (2020). Reproducing crystal glass from three 18th-20th centuries Portuguese glass arcana. *International Journal of Applied Glass Science*, *11*(4), 743–755. https://doi.org/10.1111/ijag.15611

Schwoerer, D. (1997). Compatibility of glasses. A technical supplement. In *Technotes 3. Bullseye Glass Co*.

Sennett, R. (2008). *The craftsman* (1st ed.). Yale University Press. New Haven & London.

Sereno, P. (2022). *Fabrico aditivo aplicado ao projeto de moldes para vidro*. (Tese de Mestrado). Escola Superior de Tecnologia e Gestão IPL, Leiria, Portugal.

Simões, A. C. (1999). *Da identidade à globalização: O artesanato de vidro da Marinha Grande*. (Tese de Mestrado). FEUC, Coimbra, Portugal.

Tait, H. (1991). *Five thousand years of glass*. British Museum Press.

Veloso, L. (2011). Os operários e as suas máquinas: Usos sociais da técnica no trabalho vidreiro. *Etnográfica*, *vol. 15 (1)*, 206–208. https://doi.org/10.4000/etnografica.896

Vezzoli, C., & Manzini, E. (2008). Design for environmental sustainability. In *Design for Environmental Sustainability* (1st ed.). Springer-Verlag London Limited. https://doi.org/10.1007/978-1-84800-163-3

Wu, Y., Xia, C., Cai, L., Garcia, A. C., & Shi, S. Q. (2018). Development of natural fiber-reinforced composite with comparable mechanical properties and reduced energy consumption and environmental impacts for replacing automotive glass-fiber sheet molding compound. *Journal of Cleaner Production*, *184*, 92–100. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.02.257

Yu, R., Bristogianni, T., Veer, F. A., & Nijsse, R. (2020). The application of waste float glass, recycled in structural beams made with the glass casting method. *Challenging Glass*, *7*. https://doi.org/10.7480/cgc.7.4775

Webgrafia

AdminPaula. (2018). *How Glass was manufactured and used during the victorian period*. Consultado a 20 de julho de 2025 em https://steampunkary.com/decor/how-glass-was-manufactured

Adorno. (n.d.). Consultado a 20 de julho de 2025 em https://adorno.design/

Água de Luso. (n.d.). *Sustentabilidade ambiental*. Consultado a 20 de julho de 2025 em https://www.aguadeluso.pt/pt/sustentabilidade/ambiental/

Andela, C. (2023). Glass recycling and climate change: Insights for the future. *unsustainable magazine*. Consultado a 20 de julho de 2025 em https://www.unsustainablemagazine.com/climate-change-and-glass-recycling/

Archer Relocation. (n.d.). *How to recycle in Germany*. Consultado a 20 de julho de 2025 em https://www.archer-relocation.com/how-to-recycle-in-germany/

Archiglass. (n.d.). Consultado a 20 de julho de 2025 em https://archiglass.com.pl/en/

Ardagh Group. (n.d.). *Global sustainable packaging*. Consultado a 20 de julho de 2025 em https://www.ardaghgroup.com/corporate/sustainability/

Associação de Reciclagem dos Resíduos de Embalagens de vidro. (n.d.). *Reciclagem do vidro*. Consultado a 20 de julho de 2025 em https://cerv.pt/reciclagem-do-vidro/

Clausen, M. (2024). *10 talents: Designers leading the way in sustainable design & upcycling*. Consultado a 20 de julho de 2025 em https://adorno.design/editorial/upcycling-4-designers-leading-the-way-in-sustainable-design/

Close the Glass Loop. (2024). *EU glass packaging recycling reaches new high: 75.6% in 2022, according to Eurostat data*. Consultado a 20 de julho de 2025 em https://closetheglassloop.eu/eu-glass-packaging-recycling-reaches-new-high-eurostat-data-2022/

CM Marinha Grande. (n.d.-a). *Caracterização da freguesia da Marinha Grande*. Consultado a 20 de julho de 2025 em https://www.cm-mgrande.pt/pages/303

CM Marinha Grande. (n.d.-b). *Crisal*. Consultado a 20 de julho de 2025 em https://www.cm-mgrande.pt/pages/1205?poi_id=67

Content. (2024a). *Heat treatment techniques for glass art*. Consultado a 20 de julho de 2025 em https://www.umbrellaarts.com/heat-treatment-techniques-for-glass-art/

Content. (2024b). *Mastering glass casting techniques*. Consultado a 20 de julho de 2025 em https://www.umbrellaarts.com/mastering-glass-casting-techniques/

Content. (2024c). *Surface treatment techniques for glass art*. Consultado a 20 de julho de 2025 em https://www.umbrellaarts.com/surface-treatment-techniques-for-glass-art/

Creative Paradise Inc. (n.d.). *Creative and innovative new molds*. Consultado a 20 de julho de 2025 em https://www.creativeparadiseglass.com/default.asp

Deco Proteste. (n.d.). *Vidro: Separar para reciclar mais*. Consultado a 20 de julho de 2025 em https://www.deco.proteste.pt/sustentabilidade/artigo/vidro-separar-para-reciclar-mais

der Grune Punkt. (n.d.). *Glass recycling is simple and effective*. Consultado a 20 de julho de 2025 em https://www.gruener-punkt.de/en/politics-and-society/consumer-information/glass-recycling

dmglassware.com. (2024). *Ponto de fusão do vidro soda-cal - um guia profissional para a indústria de vidro.* Consultado a 20 de julho de 2025 em https://dmglassware.com/pt/soda-lime-glass-melting-point/

EcoGlassWorks. (n.d.). Consultado a 20 de julho de 2025 em https://ecoglassworks.com/

Ehécatl. (2025). Consultado a 20 de julho de 2025 em https://ehecatl.mx/

Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa. (n.d.). *Vidro e vitral*. Consultado a 20 de julho de 2025 em https://www.dcr.fct.unl.pt/investigacao/projectos/vidro-e-vitral

Fernandes, F. (2025). Portugal continua em risco de falhar metas de reciclagem e o vidro preocupa. *Jornal de Negócios*. Consultado a 20 de julho de 2025 em https://www.jornaldenegocios.pt/sustentabilidade/ambiental/detalhe/portugal-continua-em-risco-de-falhar-metas-de-reciclagem-e-o-vidro-preocupa

Ferreira, A. (2023). *Indústria do vidro na Marinha Grande sem mão-de-obra: "Não conseguimos contratar um único português, nem sequer temos candidaturas."* Consultado a 20 de julho de 2025 em https://expresso.pt/50anos/2023-06-05-Industria-do-vidro-na-Marinha-Grande-sem-mao-de-obra-Nao-conseguimos-contratar-um-unico-portugues-nem-sequer-temos-candidaturas-c6f77512

Glass International. (2023). *LionGlass: A low-carbon step towards a sustainable future*. Consultado a 20 de julho de 2025 em https://www.glass-international.com/news/lionglass-a-low-carbon-step-towards-a-sustainable-future

Heller Gallery. (n.d.). *Llibensky/Brychtova*. Consultado a 20 de julho de 2025 em https://www.hellergallery.com/libensky-brychtova

Hebei Hang Carbon Technology Co., Ltd. (2023). Consultado a 20 de julho de 2025 em https://hangcarbon.en.made-in-china.com/

Instructables. (2015). *Custom ceramic texture molds for fused glass*. Consultado a 20 de julho de 2025 em https://www.instructables.com/Custom-Ceramic-Texture-Molds-for-Fused-Glass/

Jardin Verre. (n.d.). Consultado a 20 de julho de 2025 em https://jardinverre.square.site/

Joana Vasconcelos. (n.d.). *Candlesticks*. Consultado a 20 de julho de 2025 em https://www.joanavasconcelos.com/en/artwork/candlesticks

Lamberts. (n.d.). *History of glassmaking*. Consultado a 20 de julho de 2025 em https://lamberts.de/history-of-glassmaking

Lusa. (2022). *Centro de formação procura alunos para evitar extinção da profissão de vidreiro*. Consultado a 20 de julho de 2025 em https://www.rtp.pt/noticias/economia/centro-de-formacao-procura-alunos-para-evitar-extincao-da-profissao-de-vidreiro_n1399540

Luxos Online. (n.d.). *Vista Alegre Atlantis*. Consultado a 20 de julho de 2025 em https://www.luxosonline.pt/registo-empresa.php?id=61

Mostly Glass Gallery. (n.d.). *Glass art technique*. Consultado a 20 de julho de 2025 em https://mostlyglass.com/glass-art-technique/

Novonovo. (2022). *ComVidro*. Consultado a 20 de julho de 2025 em https://www.novonovo.co/projects/7/

O-I. (n.d.). *Sustainability vision. Innovation. Transformation.* Consultado a 20 de julho de 2025 em https://www.o-i.com/sustainability/

Plataforma Vidro +. (n.d.-a). *Porque só juntos e organizados conseguimos.* Consultado a 20 de julho de 2025 em https://vidromais.pt/vidromais/

Plataforma Vidro +. (n.d.-b). *Setor do vidro de embalagem pretende produção neutra em carbono até 2050*. Consultado a 20 de julho de 2025 em https://vidromais.pt/setor-do-vidro-de-embalagem-pretende-producao-neutra-em-carbono-ate-2050/

Plataforma Vidro +. (2023). *Portugal regista descida na taxa de recolha de vidro para reciclagem*. Consultado a 20 de julho de 2025 em https://vidromais.pt/portugal-regista-descida-na-taxa-de-recolha-de-vidro-para-reciclagem/

Poeiras Glass. (n.d.). *Poeiras Glass estúdio de vidro*. Consultado a 20 de julho de 2025 em https://www.poeirasglass.pt/

Recicla.pt. (2024a). *Com estas vantagens vai passar a reciclar embalagens de vidro!* Consultado a 20 de julho de 2025 em https://recicla.pt/abc-da-reciclagem/estas-curiosidades-vao-leva-lo-ao-vidrao-mais-vezes/

Recicla.pt. (2024b). *O que ainda não sabe sobre a reciclagem das embalagens de vidro*. Consultado a 20 de julho de 2025 em https://recicla.pt/abc-da-reciclagem/rascunho-automaticoo-que-ainda-nao-sabe-sobre-a-reciclagem-das-embalagens-de-vidro/

Recicla.pt. (2025a). *Em 2025, vamos reciclar mais vidro!* Consultado a 20 de julho de 2025 em https://recicla.pt/abc-da-reciclagem/em-2025-vamos-reciclar-mais-vidro/

Recicla.pt. (2025b). *Rumo à inovação da reciclagem do vidro*. Consultado a 20 de julho de 2025 em https://recicla.pt/abc-da-reciclagem/rumo-a-inovacao-da-reciclagem-do-vidro/

Riccardo Cenedella. (2024). Consultado a 20 de julho de 2025 em https://riccardocenedella.com/

Sociedade Ponto Verde. (2025). *Portugal mantém risco de incumprimento*. Consultado a 20 de julho de 2025 em https://www.pontoverde.pt/noticias_detalhe.php?id=718&pagina=1

Studio Peipei. (2021). *From the ashes*. https://studiopeipei.com/from-the-ashes

The Aluminum Association. (n.d.). *Infinitely recyclable*. Consultado a 20 de julho de 2025 em https://www.aluminum.org/Recycling

Turismo Marinha Grande. (n.d.-a). *Museu do Vidro / Núcleo de Arte Contemporânea e Coleção Visitável do Futuro Museu do Molde*. Consultado a 20 de julho de 2025 em https://www.cm-mgrande.pt/pages/982?poi_id=78

Turismo Marinha Grande. (n.d.-b). *Vidros*. Consultado a 20 de julho de 2025 em https://www.cm-mgrande.pt/pages/975

Velho, M. (2018). Cargas e descargas a granel de casco de vidro no Porto de Leixões. *Correio Do Minho*. Consultado a 20 de julho de 2025 em https://correiodominho.pt/cronicas/cargas-e-descargas-a-granel-de-casco-de-vidro-no-porto-de-leixoes/10105

Visit Center of Portugal. (n.d.). *Museu do Vidro da Marinha Grande*. Consultado a 20 de julho de 2025 em https://www.centerofportugal.com/pt/entity/museu-do-vidro-da-marinha-grande

Vista Alegre. (n.d.). *A nossa história*. Consultado a 20 de julho de 2025 em https://anossahistoria.vistaalegre.com/

Anexos

1. Resumo IJUP 2025

Resumo aceite para apresentação de Poster no IJUP 2025.

Transparencies: Design in the reuse of glass bottles

Catarina Silva Pinto [1]; Rui Mendonça [2]; Teresa Almeida [1,3,4]; Cláudia Lima [5]

Faculty of Fine Arts, University of Porto, Porto, Portugal [1]; University of Trás-os-Montes and Alto Douro, Vila Real, Portugal [2]; VICARTE, Research Unit "Glass and Ceramics for the Art", School of Science and Technology, NOVA University Lisbon, Monte da Caparica, Portugal [3]; i2ADS Research Institute in Art, Design and Society, Faculty of Fine Arts, University of Porto, Porto, Portugal [4]; ID+, Research Institute for Design, Media and Culture, Lusófona University of Porto, Porto, Portugal [5]

Background & Aim: This exploratory study aims to reuse bottle and packaging glass from garbage. This is a material that can be infinitely reused to produce new products. Currently, in Portugal, the percentage of collection of this type of glass for recycling is just over 50% [1]. **Methods:** The research focuses on the study of the material, principles underlying the circular economy and strategies for recycling and reusing this glass. In addition, artistic and artisanal techniques to produce pieces with glass, at low cost and in an accessible way, were analysed. The principle is centred on fusing some of the most used glass drinking bottles, white, green and brown, with different techniques, such as *pâte-de-verre,* fusing and slumping. In the production of these bottles, the colours cannot be mixed, as they compromise the integrity of the product, however, this study assumes a reuse of what can be difficult to recycle [2]. The exploratory experiments were carried out at the faculty, using glass from empty bottles collected in cafes and restaurants, as well as obtained from students. The practical experiments were based on previous studies conducted also at the faculty, so we could understand the materials' compatibility [3]. The investigation was performed in a laboratory context, envisioning, in a first instance, the analysis of the behaviour of the material, broken and crushed in different sizes and granulometries, from powder to 3mm, with different colours of bottles, and their compatibilities. For this purpose, the glass waste was subjected to different temperatures, between 730° and 870°, at the kiln and distinct types of moulds, from lost moulds with plaster and silica, to ceramic and stainless-steel ones, exploring traditional techniques and variations of them. At the start, the investigation was conducted with samples and, subsequently, with bigger

pieces, both more horizontal and more vertical, exploring how glass melts, fuses and shapes. **Results:** This research work is still in process. From the tests made, the best temperature considering the three glasses, were for the *pâte-de-verre* from 770° to 790°, and, for the slumping between 830° and 850°. In terms of the mould, the ceramic ones made with stoneware clay with a fine chamotte are more accessible both in cost and production.

Conclusions: The processes to shape the glass were planned in order to generate little or no waste, with the reuse of materials, following the assumptions of the circular economy. The efficient reuse of glass is projected, in ways that are viable to be applied in the area of design.

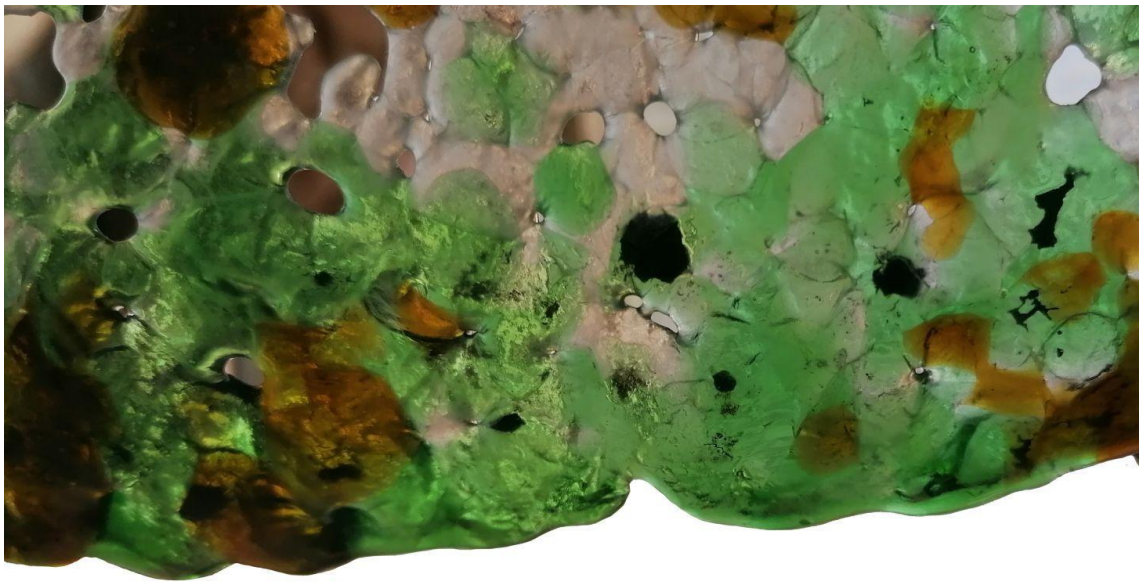
Keywords: design, bottle glass, waste, circular economy

References:

[1] Recicla.pt. (2025). *Em 2025, vamos reciclar mais vidro!* https://recicla.pt/abc-da-reciclagem/em-2025-vamos-reciclar-mais-vidro/

[2] der Grune Punkt. (n.d.). *Glass Recycling is Simple and Effective*. https://www.gruener-punkt.de/en/politics-and-society/consumer-information/glass-recycling

[3] Pereira, C.; Pereira, A.; Almeida, T. (2024). *O Vidro Reciclado na Prática Artística: Fusão e Slumping.* [Suporte Impresso]: 978-989-9049-87-1. [Suporte Electrónico]: 978-989-9049-88-8. Editora i2ads



TRANSPARENCIES:

Design in the reuse of glass bottles

Catarina Silva Pinto
catfranciscasilva@gmail.com

Rui Mendonça
ruimendonca@utad.pt

Teresa Almeida
talmeida@fba.up.pt

Cláudia Lima
claudiaraquellima@gmail.com

Faculdade de Belas Artes
Fauldade de Engenharia
Universidade do Porto
Portugal



Introduction

This exploratory study aims to reuse bottle and packaging glass from garbage. This is a material that can be infinitely reused to produce new products. Currently, in Portugal, the percentage of collection of this type of glass for recycling is just over 50% [1].

Aim

- **Contribute to reducing glass bottle waste, by raising awareness**
- **Show how design influences the cycle of glass**

Methodology

The research focuses on the study of the material, principles underlying the circular economy and strategies for recycling and reusing this glass. In addition, artistic and artisanal techniques to produce pieces with glass, at low cost and in an accessible way, were analysed.

The principle is centred on fusing some of the most used glass drinking bottles, white, green and brown, with different techniques, such as pâte-de-verre, fusing and slumping. In the production of these bottles, the colours cannot be mixed, as they compromise the integrity of the product, however, this study assumes a reuse of what can be difficult to recycle [2].

The exploratory experiments were carried out at the faculty, using glass from empty bottles collected in cafes and restaurants, as well as obtained from students. The practical experiments were based on previous studies conducted also at the faculty, so we could understand the materials' compatibility [3].

The investigation was performed in a laboratory context, envisioning, in a first instance, the analysis of the behaviour of the material, broken and crushed in different sizes and granulometries, from powder to 5mm, with different colours of bottles, and their compatibilities. For this purpose, the glass waste was subjected to different temperatures, between 730º and 870º, at the kiln and distinct types of moulds, from lost moulds with plaster and silica, to ceramic and stainless-steel ones, exploring traditional techniques and variations of them. At the start, the investigation was conducted with samples and, subsequently, with bigger pieces, both more horizontal and more vertical, exploring how glass melts, fuses and shapes.

Results

This research work is still in process. From the tests made, the best temperature considering the three glasses, were for the pâte-de-verre from 770º to 790º (powder and granulometry of 1 and 2 mm), and, for the slumping between 830º and 850º (bigger than 3 mm). In terms of the mould, the ceramic ones made with stoneware clay with a fine chamotte are more accessible both in cost and production.

Conclusions

The processes to shape the glass were planned in order to generate little or no waste, with the reuse of materials, following the assumptions of the circular economy. The efficient reuse of glass is projected, in ways that are viable to be applied in the area of design.

References

[1] Recicla.pt. (2025). Em 2025, vamos reciclar mais vidro! https://recicla.pt/abc-da-reciclagem/em-2025-vamos-reciclar-mais-vidro/
[2] der Grune Punkt. (n.d.). Glass Recycling is Simple and Effective. https://www.gruener-punkt.de/en/politics-and-society/consumer-information/glass-recycling
[3] Pereira, C.; Pereira, A.; Almeida, T. (2024). O Vidro Reciclado na Prática Artística: Fusão e Slumping. [Suporte Impresso]: 978-989-9049-87-1. [Suporte Electrónico]: 978-989-9049-88-8. Editora i2ads

2. Digicom 2025

Artigo científico aceite para a Digicom 2025.

Contribution of design in the bottle glass cycle

Catarina Silva Pinto[1] [0009-0003-1436-661X] (✉), Rui Mendonça[2,3] [0000-0003-3637-1770], Teresa Almeida[1,4,5] [0000-0002-2033-0459] and Cláudia Lima[3,6] [0000-0002-3279-4808]

[1] Faculty of Fine Arts, University of Porto, Porto, Portugal
catfranciscasilva@gmail.com
[2] University of Trás-os-Montes and Alto Douro, Vila Real, Portugal
[3] ID+, Research Institute for Design, Media and Culture
[4] VICARTE, Research Unit "Glass and Ceramics for the Art", School of Science and Technology, NOVA University Lisbon, Monte da Caparica, Portugal
[5] i2ADS Research Institute in Art, Design and Society, Faculty of Fine Arts, University of Porto, Porto, Portugal
[6] Lusófona University, Porto, Portugal

Abstract. Glass is an example of a viable material for the practice of the circular economy, due to its infinite recycling capacity without loss of quality. Currently, challenges such as waste contamination, high energy costs and logistical difficulties affect the effectiveness of the process. Both in Portugal and in the European Union, glass recycling has made significant progress, but it still faces obstacles related to separation and selective collection. In this context, design emerges as a strategic tool to minimise waste and optimise the life cycle of glass, integrating the different phases of the product, from raw material to the end of life. This study analyses the glass recycling chain in Portugal, with the main focus on bottle glass and packaging, comparing it with other European countries. It also identifies recent innovative solutions to improve the reuse rate of this material. To this end, industrial processes, sustainability policies and the impact of design on the consumption and recycling of glass were investigated. The paper positions design as a conceptual and strategic framework for intervention in the bottle glass cycle, linking industrial practice, public policy and user behaviour. Methodologically, it draws on secondary data and documented initiatives to derive implications for practice and policy. The research highlights that it is relevant to combine technological innovation and strategic policies and design, in order to reduce waste and enhance the circularity of glass.

Keywords: Design, Bottle Glass, Waste, Recycling, Circular Economy

1 Introduction

Glass is a sustainable material on many levels, as it is 100 per cent recyclable. Despite its potential for the circular economy, its recycling faces significant challenges, such as the need for colour separation, the risk of contamination by other materials and the high energy costs of the melting process [1].

This study was carried out within the scope of the Master's Degree in Industrial and Product Design at the University of Porto and explores the life cycle of bottle glass and packaging, analysing its environmental impact, waste and recycling rate in Portugal and Europe. The current state of glass recycling is addressed, with percentage data, the logistical and technological challenges involved, and the comparison with other recyclable materials, which are used for food purposes. The study is based on secondary sources and documented initiatives, combining contextual review with a critical systematisation that links design choices, infrastructure and policy. In addition, the role of design in optimising both reuse and recycling is examined, making a parallel with the assumptions of the circular economy and sustainability.

This article explores the role of design in the bottle glass cycle, highlighting practices of reuse, recycling, and upcycling within different contexts. Rather than offering a technical methodology, the study advances a conceptual framework that positions design intervention as a strategic enabler of circularity in the glass sector. The initiatives discussed were selected as illustrative case studies, chosen primarily for their visibility in public communication and accessibility of information. In doing so, the paper clarifies its original contribution as a design-centred framework that supports decision-making across the glass cycle. The future of the glass industry and recycling is discussed, exploring technological innovations, new environmental policies and emerging projects that can transform the sector. Theoretical research seeks a survey of current data concerning the future of industry and design itself.

2 The cycle of bottle and packaging glass

2.1 Glass recycling

Glass is composed of materials that are resistant to natural degradation – silica, sodium oxide, calcium oxide [2] –, taking thousands of years to decompose in nature. If disposed of improperly, it contributes to the pollution of soils and oceans, so it must be recycled or reused. Donald Norman [3], in *Design for a Better World*, declares that companies are responsible for manipulating customers into their purchases, creating products both for single use and to quickly become obsolete. The author warns that:

> Until we reach the point where everything is designed so that its discards do not contribute to the Waste Age, we need to stop the march toward both single-use and, even worse, planned obsolescence. Just as many things are deliberately designed for single usage, others are deliberately designed to become obsolete: planned obsolescence is a desired and valuable technique for any business that requires repeated sales of its commodities to stay in business [3].

In fact, glass is one of the easiest materials to recycle globally, and, without losing quality, it can be reused infinitely [4]. The bottle and packaging glasses that we discard today are crucial for the products produced in the future, and therefore a colour separation is relevant. Its composition consists of silica oxide (59 to 80%), calcium oxide (5 to 12%), aluminium oxide (0.5 to 3%), boron oxide, potassium oxide and magnesium oxide. For the bottles to have colour, other components are added, such as iron, carbon and sulphur, in the case of browns, or chromium oxide, in green ones [5]. White glass is easily contaminated by other colours, while brown and green tolerate some percentage, 8 and 15%, respectively.

In the European Union, the progress in bottle recycling process is remarkable. For example, Germany has an effective colour separation system – green, brown and white – to ensure that the integrity of new products is not compromised [6]. In addition, they have a money-back system for Pfand bottles, both plastic and glass, in which an extra fee is paid that is later refunded [7]. In any of the systems, after being deposited in the recycling bin, the material is transported, other materials are removed, such as labels and lids, and the glass is crushed and separated by size. It is analysed again, to ensure that there are no impurities and mixed colours and may finally be used for new products. After using these, their cycle repeats. In other countries, as well, consumers are encouraged to recycle using the money-back method, including in Sweden, the Netherlands and Denmark, and this is effective. These schemes illustrate a direct cause-effect relation between system design (incentives, clear sorting) and higher recovery rates.

On the other hand, in other countries, it is still a challenge to recycle glass. Especially in less urbanised areas, logistics are not optimised, since it is not economically viable to transport or process glass. In many countries, the infrastructure that deals with logistics from collection to sorting is lacking. This process is also hampered by the misinformation of consumers, who do not correctly separate their waste, leading to contamination that compromises the integrity of the glass. Hence, improvements in user communication and service design (bin placement, feedback, simpler instructions) are crucial to reduce contamination.

2.2 Portuguese context

As mentioned, in the case of bottle and packaging glass, all the material is reused. In the Portuguese context, the process is well established and focused on reducing waste. Consumers deposit their packaging in the green recycling bin – which can include bottles, jars and other containers, as well as perfume or varnish bottles, cosmetic jars, candle cups. This waste is collected by concessionaires and multi-municipal systems, which send the waste to sorting centres or recycling factories. Each municipality is responsible for collecting its own municipal waste and some municipalities collect it directly, while others hire private companies to perform this function. In addition, there are intermunicipal entities that manage waste from several municipalities. Covering much of the country, there are 11 of these entities that are responsible for the treatment of waste, including LIPOR, in Porto, Valorsul, in Lisbon and West area, and Amarsul, in Setúbal. Hence, recyclable waste is sent for recycling, and undifferentiated waste is incinerated or deposited in landfills.

In the specific case of glass, after disposal in green containers, the collection is carried out by trucks, which take them to the sorting centres. Here, they are cleaned, at first mechanically, and then manually by operators, removing contaminants of metal, plastic or any other waste, in order to guarantee the quality of the recycled glass. In addition, they go through an optical detection process for metal decontamination [1]. Sometimes a separation by colour is carried out, depending on the installation where it is located. The glass

is then crushed into a shell and ready to be melted at high temperatures (around 1400 to 1600°C) [8] in order to be moulded for new objects. In Portugal, several factories use recycled glass to manufacture new products, such as BA Glass (Barbosa & Almeida), with factories in Avintes and Marinha Grande, and specialised in the production of glass packaging for beverages and food, or Vidrala, with Gallo Vidro and Santos Barosa Vidros S.A. Saint-Gobain, in Aveiro and Folgosa, is also a good example focused on glass for construction. The factories mix the recycled glass with the new raw material for the production of their glass, which reduces the need to extract natural resources.

If the drinks are consumed in restaurants or cafes, in the case of some brands, such as Luso or Super Bock, they already have the return established, with a fee that is charged to establishments for the bottles to be returned. Thus, glass recycling in Portugal involves a coordinated effort between municipalities, concessionaires and glass factories. The glass collected is separated, cleaned and transformed into new packaging, ensuring that the material can be reused infinitely. Production is primarily based on local raw materials and recycled glass collected at national level, however, the country both imports and exports crushed glass and hull [9]. This contributes to circularity at European level, as there are countries where demand is higher than national supply. To increase the effectiveness of the system, it is essential to carry out a selective collection, reduce the contamination of recyclable glass and raise awareness among the population about the importance of recycling. Design can support these aims through clearer instructions on containers, service touchpoints that reward proper sorting and packaging guidelines that reduce mixed-material components.

The constant system of use and disposal, followed by an effective cleaning, sorting, melting and moulding process, contributes to a circular economy, of which the material is a good example. The concept of circular economy is explored by the Ellen MacArthur Foundation, which states that "waste" has been introduced by humans, given that there is no such thing as "waste" in nature. The resulting problem is that, when a product is manufactured, it is sometimes not questioned what its end of life will be like [10].

If properly treated, the entire glass cullet is perpetually transformed into new products that go on to the market. According to recicla.pt[17], glass bottles sold in Portugal already contain 50% recycled glass [4]. This has several economic and environmental advantages. The process contributes to better management and preservation of natural resources, given a reduction in the extraction of minerals from the soil. Consequently, it reduces energy consumption, which is reflected in a decrease in the emission of sulphur dioxide, nitrogen oxide and carbon dioxide into the atmosphere. Therefore, it reduces the carbon footprint, since for the material to be melted it does not need a temperature as high as virgin raw material. In this sense, Deco Proteste[18] draws a parallel, stating that "for each bottle recycled, there is an energy saving equivalent to a 100W light bulb turned on for four hours" [11]. In addition, by being recycled, the glass is prevented from concluding its life in a landfill, leading to the linear economy of the product.

Despite the various advantages, according to Plataforma Vidro +

> The latest data released by Close the Glass Loop indicates that the average collection rate for glass packaging recycling in the European Union remained stable at 80.2% in 2022, with a record volume of glass collected. In contrast, the percentage of glass packaging collected for recycling in Portugal fell to 51% in 2022, compared to 54.4% in 2021. [12]

In 2024, there was an increase of 4% compared to 2023, corresponding to 476,605 tons of packaging, which is equivalent to 57.8% [13]. This is below expectations, as a target of 75% of glass in general, and 90% in the case of packaging, is expected by 2030 [14]. For this year, 2025, the goal is 70% [15], a commitment to the European Union. The proposal for the EU Waste Framework Directive dictated that by December 31 of this year, Member States should send 65% of their waste for recycling, corresponding to different percentages for the various recyclable municipal waste – glass, paper, cardboard, metal, plastic and wood [13]. This performance gap indicates the need for design-led interventions that reduce contamination at source and increase citizen participation through accessible incentives.

---

[17] An informative website run by Sociedade Ponto Verde that provides content related to waste disposal, recycling and sustainable practices.

[18] Deco Proteste is the largest consumer organisation in Portugal whose aim is to empower consumers by providing information independently of political and economic powers.

There are several campaigns that encourage the Portuguese to recycle glass. Sociedade Ponto Verde is responsible for raising awareness and promoting the correct use of recycling bins, and works in cooperation with other organizations, in order to demonstrate that simple acts contribute to sustainability. Regarding glass, in the current year of 2025, this private, non-profit organisation has the pilot project in hand, under which it has joined forces with two companies: Maltha Glass Recycling, specialising in packaging glass and flat glass, which cleans and processes the material to be sold to other companies; and Resitejo, which manages and treats waste from the Médio Tejo region. The initiative is under development and seeks to take back the contaminated glass that would otherwise go to the landfill and give it a new life. Thus, in the project, Resitejo recovers the glass that is mixed with other glass or other compounds, namely organic, and this is taken to Maltha Glass Recycling, which transforms it into small particles, then sending feedback to partner entities. According to the companies, it presents an innovative technology, and places Portugal at the forefront of waste treatment and recovery [15]. If scaled, such initiatives could complement deposit-return mechanisms and improve material quality entering furnaces.

3 The role of design in the circular economy

As glass is 100% recyclable without loss of its properties and qualities, it is a good example of a material that enables a circular economy practice. Its recycling allows it to be returned to the market indefinitely, contributing to sustainability. Compared to other recyclable materials produced for food use, it has advantages and disadvantages. Compared to plastic, glass is heavier and more fragile and requires a higher energy consumption in its production. Nonetheless, it does not release microparticles, does not lose quality and is safer to be in contact with food [16]. Aluminium, on the other hand, has a higher recycling rate, about 75 to 90% [17], and is considerably lighter and stronger than glass, which benefits transportation. However, its extraction generates toxic waste. In short, glass is a material that enables sustainability in many ways, despite facing challenges, and all processes must be optimised. From a design perspective, three complementary levers emerge: product/packaging choices that favour reuse and easy disassembly; communication that clarifies sorting and motivates behaviour; system design aligning logistics and policy with user experience.

Design can contribute to better waste management and efficiency in recycling and reusing materials. According to the Ellen MacArthur Foundation,

> Although it sometimes seems like waste is inevitable in certain situations, waste is actually the result of design choices. There is no waste in nature, it is a concept we have introduced. From tiny, short-lived products, like crisp packets, all the way up to seemingly permanent structures like buildings and roads, the economy is filled with things that have been designed without asking: What happens to this at the end of its life? [18].

The cycle begins with the virgin raw material itself. Its management must be planned, researched into how to optimise the product with reduced resources and, where possible, with existing materials – in the context of glass, the incorporation of recycled glass reduces not only the need to use virgin raw materials, but also the energy required for the process. It is important that glass objects are designed for easy recycling, without excessive paints, coatings and glues, as well as avoiding fusions between other materials that impair the quality of the glass.

Many artifacts can also be designed for reuse, for example to store other products, extending the useful life of the product. Manzini and Vezzoli [19], when analysing the life cycle of products, compare the circular economy to the linear economy. The authors assume that all stages influence socially, economically and environmentally, so it is preferable for artifacts to be reused. In *Design for environmental sustainability*, they highlight, as an example, the repeated reuse of glass packaging and bottles, which, with an optimised design, is more convenient than the disposal [19]. The next step goes through transport and its logistics. Lightweight, compact and stackable packaging reduces environmental impact, lowering CO_2 emissions and economic impact as costs are reduced. When the artifact is transferred to the consumer's hands, the graphic communication of the packaging must be clear, highlighting how to dispose of the glass. Visual instructions, for example, sensitise people to recycle and adopt sustainable practices.

In its final chapter, with an intelligent and optimised design, and with the contribution of consumers, each glass package ends up being deposited in the green recycling bin. However, its cycle does not end here. This distinguishes what would be a linear economy, where the last stage is disposal, from a circular economy. Described earlier, the cleaning of the glass shell is the turning point that dictates the return to the beginning of the process: design, production, distribution, consumption, collection, waste management, and so on and endlessly.

Currently, the glass industry is undergoing a process of innovation, driven by factors such as sustainability, energy efficiency and new technological applications. With the growing environmental concern and the need to reduce carbon emissions, new approaches to the recycling, production and use of glass are emerging. Design must engage with contemporary challenges and incessantly seek new contributions to the construction of a more sustainable, fair and inclusive future, assuming an active and responsible role in the market and society, an idea reinforced by Margolin in *The Politics of the Artificial* [20].

Glass recycling still faces challenges, such as contamination by ceramics and metals, as well as the difficulty of collecting clear and coloured glass separately. Therefore, some innovations are under development to optimise recycling. As mentioned earlier, advanced optical separation is one of the emerging technologies already being used in Portugal, where different types of glass and contaminants are identified more effectively through sensors, improving the quality of the recycled material. Non-recyclable glass is being used to manufacture new materials, including concrete with recycled glass, asphalt and ceramic products, valuing this glass. Such applications not only prevent glass from being landfilled but also may enhance the performance and durability of construction materials, contributing to resource efficiency and circular economy.

The production of glass is a highly energetic process, however, new technologies are making it more efficient to reduce the carbon footprint. Innovation in glass production itself is shaping a more sustainable future. At Penn State University, researchers are developing LionGlass, a material with a considerably lower melting temperature (around 1150/1200 °C [21]). This reduction is highly advantageous, as it decreases energy consumption and CO_2 emissions, making production both more sustainable and cost-efficient. Furthermore, at an industrial scale, some companies are testing electric and hybrid furnaces, powered by gas and renewable electricity, to reduce CO_2 emissions associated with melting glass, and incorporating solar and wind energy into their production process, such as Ardagh Group [22] and O-I Glass [23], reducing dependence on fossil fuels. Currently, many factories use between 30-50% recycled glass – in Portugal 50% is already used for the production of bottles and packaging, as aforementioned. In the future, it is intended to reach values above 80% to minimise the use of virgin raw material. To minimise the environmental impact at the transport stage, some companies are also developing ultra-light bottles, using less material, such as Verallia's Ecova collection [24]. Together, these technological advances demonstrate how design, energy transition, and material innovation converge to transform the glass sector.

Traditional glass, as we know it, is gradually being complemented by new alternatives driven by advances in materials science. One such development is self-healing glass, which has the remarkable ability to assist in skin wound recovery [25]. Another advancement is smart glass, mainly applied to windows, that can adjust its opacity and block heat, thereby enhancing the energy efficiency of buildings [26]. Flexible glass, still at an experimental stage, shows potential for future applications in electronics, computers, and even packaging.

These innovative technologies diverge from the concept we have of glass. Keith Cunnings states that this material is an amorphous solid, since it can be either solid or liquid, calling it “the fourth state of matter” [27]. Regarding bottle glass and packaging, currently, if the glass is not used for the manufacture of new products, it is applied in other areas, still under study, expanding its use. It is being used since civil construction, to reduce the consumption of sand in the construction of buildings and infrastructures, incorporating it into materials such as cement and mortars [28].

The role of design is to implement measures to make the glass industry more circular and sustainable, along with governments and companies. From the outset, effective production using new technologies is crucial. The EU has encouraged the transition to greener processes, put forward strict environmental standards, to impose stricter limits on emissions from glass factories.

EcoGlassWorks is an example of a brand that makes glass pieces with recycled material. Figure 1 illustrates some of its everyday-use products, designed from waste glass that has been reintroduced into circulation. The brand assumes its sustainable and conscious activity, by using recycled glass (which had been wasted) in its tableware products. On its website, the brand states that it contributes to a "cleaner and greener" future. Still, the absence of concrete data on how they operate, where the wasted glass used comes from, what percentage of recycled glass in the products, and what processes they use does not allow us to assess the effective impact of this approach. While the products shown in Figure 1 appear industrially manufactured, the scale and process of production remain unclear, raising questions about the brand's design and communication strategies.



Fig. 1. Examples of products by EcoGlassWorks. two piece terrarium glass sphere W-603+W-604 H:27.5cm D:27.5cm; Jar vase W-332 H:25cm D:19cm; Glass vase W-770 twisted optic H:24cm D:19cm. Source: EcoGlassWorks.

Likewise, there are already small companies reusing their own bottles for different purposes, including cups, vases, or pots, merely with cold handling, such as Jardin Verre and Revive Bottles. The two projects have similarities, as they create both decorative and functional pieces, through the upcycling of glass bottles. The first is active in Marseille, France, and the second in Aveiro, Portugal. Both processes include the selection of glass bottles, their cleaning, and then cutting with appropriate tools and polishing. Jean Priol is the creator of Jardin Verre and emphasises that he is passionate about upcycling. In his pieces, he does not limit himself to uniform cutting and polishing but cuts the various parts of the bottles in different ways, to couple elements and adapt them to the function of each artifact. Figure 2 highlights this approach, showing compositions where bottle fragments are reassembled to create distinctive new functional forms. On the other hand, Revive Bottles is restricted to turning all the bottles into glasses, although it gives them different functions. Figure 3 illustrates this more standardised practice, presenting a set of glasses and cups with subtle variations in shape and finish. The two projects, by reusing glass bottles, contribute positively to the circularity of the material, and, consequently, to the reduction of waste. Figures 2 and 3 underline the artisanal nature of upcycling and the uniqueness of each product, reinforcing their significance as design-led responses to material recovery.



Fig. 2. Examples of Jardin Verre pieces. Cendrier nº1; Tasse nº4; Vase nº7. Source: Jardin Verre.



Fig. 3. Examples of Revive Bottles pieces. Copo Campari; Copo Jameson; Hendrick's Gin. Source: Revive Bottles.

At a larger industrial scale, some international brands have already integrated design for reuse, such as Luso, Coca-Cola and Heineken so that, at the end of their life, bottles are refilled, prior to recycling, extending their cycle – they can be reused up to 19 times [29]. When it comes to its disposal, the measure that has proven to be most effective, due to the collaboration of consumers, is the refundable deposit, already adopted in several EU countries.

4 Final considerations

Glass recycling is essential for the circular economy. This allows the reduction of waste, the preservation of natural resources and the minimization of the environmental impact inherent to the glass industry. However, despite its infinite recycling potential, effective glass management faces challenges related to separate collection, colour separation, energy costs and losses along the way.

In this context, design plays a central role in optimising the life cycle of glass, contributing to the design of more functional and easily recycled packaging. By questioning traditional models of production and consumption, the designer can propose innovative solutions that encourage reuse, extend the useful life of products and facilitate their reintegration into the system. This paper explores the connections between product design, communication strategies, and system design, and how these relate to policy and operations.

The literature review enhances that transitions to circular economy assumptions require a joint effort between designers, factories, waste managers and legislators, aiming at a balance between economic development and environmental responsibility. Accordingly, it is recommended: design guidelines for refillable/standardised bottles; user-centred sorting instructions at bins and on-pack; implementation of deposit-return systems with clear incentives; and monitoring indicators that measure collection efficiency and material quality, with feedback that shows citizens how their contribution makes a difference.

This study has shown that design can act as a strategic enabler within the glass cycle, connecting industrial practices, public policy, and consumer awareness. By systematising examples of reuse, recycling and upcycling, the paper highlights both opportunities and limitations of current approaches, stressing the need to align sustainability with economic viability through responsible and strategic design. This not only meets aesthetic and functional requirements but also reinforces the role of glass in reducing environmental impact and valuing available resources, actively contributing to the construction of a conscious future.

References

1. Recicla.pt. (2024). *O que ainda não sabe sobre a reciclagem das embalagens de vidro*. Retrieved April 6, 2025, from https://recicla.pt/abc-da-reciclagem/rascunho-automaticoo-que-ainda-nao-sabe-sobre-a-reciclagem-das-embalagens-de-vidro/
2. Ruivo, A. (2013). *Synthesis and characterization of innovative luminescent glasses for artistic applications*. [Doctoral thesis, FCT UNL, Lisboa, Portugal.]
3. Norman, D. (2023). *Design for a better world*. The MIT Press.
4. Recicla.pt. (2024). *Com estas vantagens vai passar a reciclar embalagens de vidro!*. Retrieved April 5, 2025, from https://recicla.pt/abc-da-reciclagem/estas-curiosidades-vao-leva-lo-ao-vidrao-mais-vezes/
5. Qizi, N., & Tahirovich, A. (2022). *Glass containers, classification of their composition*. Zien Journals Publishing.
6. der Grune Punkt. (n.d.). *Glass recycling is simple and effective*. Retrieved April 5, 2025, from https://www.gruener-punkt.de/en/politics-and-society/consumer-information/glass-recycling
7. Archer Relocation. (n.d.). *How to recycle in Germany*. Retrieved April 5, 2025, from https://www.archer-relocation.com/how-to-recycle-in-germany/
8. dmglassware.com. (2024). *Ponto de fusão do vidro soda-cal - um guia profissional para a indústria de vidro*. Retrieved April 6, 2025, from https://dmglassware.com/pt/soda-lime-glass-melting-point/
9. Velho, M. (2018). *Cargas e descargas a granel de casco de vidro no Porto de Leixões*. Correio Do Minho. Retrieved April 6, 2025, from https://correiodominho.pt/cronicas/cargas-e-descargas-a-granel-de-casco-de-vidro-no-porto-de-leixoes/10105
10. Ellen MacArthur Foundation. (n.d.). *Towards the circular economy: Economic and business rationale for an accelerated transition*.
11. Deco Proteste. (n.d.). *Vidro: Separar para reciclar mais*. Retrieved April 5, 2025, from https://www.deco.proteste.pt/sustentabilidade/artigo/vidro-separar-para-reciclar-mais
12. Plataforma Vidro +. (2023). *Portugal regista descida na taxa de recolha de vidro para reciclagem*. Retrieved April 5, 2025, from https://vidromais.pt/portugal-regista-descida-na-taxa-de-recolha-de-vidro-para-reciclagem/
13. Recicla.pt. (2025). *Em 2025, vamos reciclar mais vidro!*. Retrieved April 5, 2025, from https://recicla.pt/abc-da-reciclagem/em-2025-vamos-reciclar-mais-vidro/
14. Plataforma Vidro +. (n.d.). *Porque só juntos e organizados conseguimos*. Retrieved April 5, 2025, from https://vidromais.pt/vidromais/
15. Recicla.pt. (2025). *Rumo à inovação da reciclagem do vidro*. Retrieved April 5, 2025, from https://recicla.pt/abc-da-reciclagem/rumo-a-inovacao-da-reciclagem-do-vidro/
16. The European Container Glass Federation. (n.d.). *Why choose glass?*. Retrieved April 6, 2025, from https://feve.org/about-glass/
17. The Aluminum Association. (n.d.). *Infinitely recyclable*. Retrieved April 6, 2025, from https://www.aluminum.org/Recycling
18. Ellen Macarthur Foundation. (n.d.). Retrieved April 5, 2025, from https://www.ellenmacarthurfoundation.org
19. Vezzoli, C., & Manzini, E. (2008). *Design for environmental sustainability*. In Design for Environmental Sustainability. Springer London. https://doi.org/10.1007/978-1-84800-163-3
20. Margolin, V. (2002). *The politics of the artificial*. The University of Chicago Press.
21. Glass International. (2023). *LionGlass: A low-carbon step towards a sustainable future*. Retrieved April 6, 2025, from https://www.glass-international.com/news/lionglass-a-low-carbon-step-towards-a-sustainable-future
22. Ardagh Group. (n.d.). *Global sustainable packaging*. Retrieved April 6, 2025, from https://www.ardaghgroup.com/corporate/sustainability/
23. O-I. (n.d.). *Sustainability vision. Innovation. Transformation*. Retrieved April 6, 2025, from https://www.o-i.com/sustainability/
24. Gabriela Ditt Lutti. (n.d.). *A indústria do vidro e seu empenho pela sustentabilidade*. É Puro, É Vidro. Retrieved April 6, 2025, from https://epuroevidro.com/a-industria-do-vidro-e-seu-empenho-pela-sustentabilidade/
25. Elshazly, N., Saad, M. M., el Backly, R. M., Hamdy, A., Patruno, M., Nouh, S., Saha, S., Chakraborty, J., Marei, M. K., & Marei, M. K. (2023). *Nanoscale borosilicate bioactive glass for regenerative therapy of full-thickness skin defects in rabbit animal model*. Frontiers in Bioengineering and Biotechnology, 11. https://doi.org/10.3389/fbioe.2023.1036125
26. Smart Glass World. (n.d.). *What is thermochromic smart glass?*. Retrieved April 6, 2025, from https://www.smartglassworld.net/thermochromic-smart-glass
27. Cunnings, K. (1997). *Techniques of kiln-formed glass*. Londres: A&C Black Publishers Limited.
28. Alonso, A. (2016). *Resíduos de vidro e resíduos de construção e demolição no* cimento. [Master's thesis, FEUP, Porto, Portugal.]
29. Água de Luso. (n.d.). *Sustentabilidade ambiental*. Retrieved April 6, 2025, from https://www.aguadeluso.pt/pt/sustentabilidade/ambiental/

3. Ergotrip 2025

Artigo científico aceite para a 11ª edição da Ergotrip.

Valorização de resíduos de vidro através do design de artefactos com componente autoral

Valorisation of glass waste through the design of artefacts with an authorial component

Catarina Silva Pinto[1] (✉), Rui Mendonça[1,2,3], Teresa Almeida[4,5], Cláudia Lima[3,6]

[1] Faculdade de Belas Artes, Universidade do Porto, Porto, Portugal, catfranciscasilva@gmail.com

[2] Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Vila Real, Portugal

[3] ID+: Instituto de Investigação em Design, Media e Cultura, Faculdade de Belas Artes, Universidade do Porto

[4] VICARTE, Unidade de Investigação "Vidro e Cerâmica para as Artes", Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade NOVA de Lisboa, Monte da Caparica, Portugal

[5] i2ADS Instituto de Investigação em Arte, Design e Sociedade, Faculdade de Belas Artes, Universidade do Porto, Porto, Portugal

[6] Universidade Lusófona — Centro Universitário do Porto, Portugal

Resumo

Este artigo propõe uma abordagem sustentável para o reaproveitamento de garrafas de vidro descartadas, através da reutilização com técnicas artísticas. A metodologia centrou-se na prática, experimentação e prototipagem, procurando otimizar o ciclo de vida do material segundo princípios da economia circular. Foram realizadas experiências laboratoriais, analisando o comportamento do vidro partido e triturado em diferentes tamanhos, cores e compatibilidades, submetido a distintas temperaturas e moldes. A partir dos resultados, exploraram-se formatos de maior escala, ampliando o potencial de aplicabilidade. A investigação atua sobre resíduos fora do circuito industrial, transformando-os em artefactos autorais e séries de pequena escala, acrescentando valor à matéria-prima e aos desperdícios. Assim, o design assume-se como agente de mudança, questionando modelos de consumo e promovendo responsabilidade ambiental.

Palavras-chave design, vidro de garrafa, desperdício, economia circular, *slumping*

Abstract

This article proposes a sustainable approach to reusing discarded glass bottles through artistic reuse techniques. The methodology focused on practice, experimentation, and prototyping, aiming to optimize the material's life cycle according to circular economy principles. Laboratory experiments analysed the behaviour of broken and crushed glass in different sizes, colours, and compatibilities, subjected to various temperatures and moulds. Based on the results, larger-scale formats were explored, expanding the potential for applicability. The research intervenes on waste that does not enter the industrial

recycling circuit, directly reusing it in the design of artefacts with an authorial character and small-scale series, thereby adding value to the raw material and revalorising waste. Thus, design positions itself as an agent of change, questioning disposable consumption models and encouraging environmental responsibility.

Keywords design, bottle glass, waste, circular economy, slumping

1. Introdução

A produção de vidro tem um impacto ambiental significativo, uma vez que a fusão das matérias-primas, sílica, óxido de sódio e óxido de cálcio (Ruivo, 2013), exige altas temperaturas, entre 1400°C e 1600°C (dmglassware.com, 2024), resultando num elevado consumo energético e na emissão de grandes quantidades de dióxido de carbono. Estima-se que sejam emitidos entre 400 e 800kg de CO_2 por tonelada de vidro produzido, além de outros poluentes, como óxidos de azoto e de enxofre, e partículas finas, prejudiciais à qualidade do ar e à saúde pública. O processo industrial também consome grandes quantidades de água devido aos sistemas de refrigeração (Colangelo, 2024).

Apesar de o vidro ser, em teoria, infinitamente reciclável, a realidade nacional mostra metas ainda distantes dos objetivos europeus. A Diretiva-Quadro de Resíduos da União Europeia prevê para 2025 uma taxa de reciclagem de 65% de todos os resíduos, sendo 70% de vidro (recicla.pt, 2025). No entanto, segundo dados recentes da Sociedade Ponto Verde (2025), a recolha de vidro em Portugal mantém-se estagnada e as metas dificilmente serão cumpridas sem uma melhor articulação entre produtores, consumidores, gestores de resíduos e entidades reguladoras.

A presente investigação, realizada no âmbito do Mestrado em Design Industrial e de Produto da Universidade do Porto, procura alternativas mais sustentáveis, explorando formas de reduzir o uso de matérias-primas virgens e de reaproveitar resíduos de modo eficiente. O estudo incide no vidro de garrafa, tendo por base as embalagens mais consumidas em Portugal, a partir das quais se realizaram ensaios experimentais para compreender o comportamento do material e otimizar o seu reaproveitamento em novos artefactos.

Donald Norman (2023) sublinha a importância de abandonar o desenho de produtos de uso único, enquanto Ellen MacArthur (2013) defende que o “desperdício” é um conceito criado pelo homem e que na natureza tudo é reaproveitado. Assim, o design assume um papel essencial ao prolongar o ciclo de vida de materiais e promover soluções que se alinham com os princípios da economia circular. Neste contexto, o design surge como mediador entre produção, consumo e reaproveitamento de resíduos. Victor Margolin (2002) defende que o design não pode ser neutro e deve posicionar-se eticamente frente às questões sociais e ambientais do nosso tempo.

A investigação descrita neste artigo subscreve princípios de design e foi desenvolvida nas Oficinas de Vidro e de Cerâmica da Faculdade de Belas Artes, Universidade do Porto, espaço com as ferramentas adequadas para trabalhar os materiais, testando métodos acessíveis para transformar garrafas de vidro descartadas em peças com valor funcional e estético. Procuraram-se soluções técnicas e formas de reafirmar o design como agente de mudança, promovendo alternativas aos modelos de consumo descartável e estimulando uma consciência crítica no produtor e no consumidor (Vezzoli & Manzini, 2008). O vidro, material infinitamente reciclável, potencia a economia circular e práticas de design sustentável.

O projeto propõe a reutilização de resíduos locais, intervindo diretamente sobre artefactos existentes e transformando-os em peças com caráter artístico, através da produção em pequenas séries. A investigação valoriza resíduos que não entram no ciclo industrial de reciclagem, aproveitando-os diretamente para o design de produtos autorais e aumentando o valor da matéria-

prima, direcionados a nichos de mercado. A abordagem reforça o compromisso do design em criar ciclos de produção mais responsáveis e contribuir para um futuro mais consciente.

2. Metodologia

A metodologia utilizada inclui fases de definição do problema, idealização, prototipagem e testagem (Brown, 2008).

Numa fase inicial, fez-se um levantamento da problemática e da sua dimensão. Procurou-se soluções emergentes a nível nacional e internacional, pesquisando processos de reciclagem do vidro, campanhas em vigor e quais as metas futuras. Realizou-se uma revisão de literatura de caráter científico e de projetos de design que abordam a reutilização de vidro e de outros materiais industriais, e um estado da arte com foco em técnicas artísticas e artesanais, perspetivando explorar esta vertente.

A abordagem projetual adotada centrou-se no método dos ensaios experimentais (Martin & Hanington, 2012). Foram desenvolvidos vários provetes, testando compatibilidades das cores selecionadas das garrafas mais desperdiçadas (branco, verde, castanho), temperaturas de fusão, em várias granulometrias (com oito intervalos de temperatura diferentes) e técnicas de moldagem. Optou-se por privilegiar a técnica de *slumping*[19], por ser mais direta, permitir peças únicas sem necessidade de moldes complexos e otimizar o tempo de execução, alinhando-se com uma lógica de design funcional e produção semi-artesanal. A análise destes provetes permitiu verificar combinações viáveis e intervalos de temperatura ideais para a sua fusão e conformação.

Ao longo do processo, foi testada a escala de produção, iniciando com protótipos pequenos até chegar a peças de maior dimensão e avaliando a estabilidade estrutural, qualidade da moldagem e repetibilidade.

Testaram-se moldes de gesso e sílica, de metal e de cerâmica (grés). Optou-se por moldes cerâmicos pela facilidade de fabrico manual, baixo custo e elevada durabilidade, permitindo múltiplas tiragens com qualidade consistente, e sem deformação do mesmo.

O processo experimental e os resultados parciais foram analisados semanalmente com a equipa de orientação e colegas de mestrado, o que garantiu uma validação conjunta, de 12 indivíduos, nas várias fases do processo. Estas sessões auxiliaram na reflexão crítica, no levantamento de novas hipóteses e, subsequentemente, na realização sistemática de ajustes e aperfeiçoamentos no processo de investigação. Este ciclo constante de fazer, testar, analisar e refletir baseou-se na abordagem *research through design* (Frayling, 1993), valorizando a experiência como forma de adquirir conhecimento.

3. Processo de desenvolvimento

3.1. Análise dos desperdícios

Segundo experiências anteriormente realizadas na Faculdade de Belas Artes da Universidade do Porto, o vidro de garrafa[20] não é um vidro indicado para vitrofusão, ficando com bolhas, ou, por vezes, baço, quando é submetido a temperaturas muito elevadas (Pereira et al., 2022). Ainda assim, é possível adequar o programa da mufla, com subidas e descidas lentas, de modo a controlar estes obstáculos.

[19] Técnica de aquecer uma peça de vidro na mufla, sobre um molde, para que o vidro se torne dúctil e assuma a forma deste.

[20] Este vidro é também denominado “soda-cal” devido à sua composição de óxido de sílica (59 a 80%), óxido de cálcio (5 a 12%), óxido de alumínio (0.5 a 3%), óxido de boro, óxido de potássio e óxido de magnésio, sendo

As garrafas utilizadas neste estudo foram recolhidas em cafés e restaurantes, ou fornecidas pelos próprios colegas da faculdade. A maior parte destas garrafas é produzida na BA Glass, com fábricas em Avintes, na Marinha Grande e na Amadora, pelo que se optou pela seleção de garrafas somente provenientes desta empresa, dada compatibilidade entre os vidros (Navarro, 2003). Assim, selecionaram-se as seguintes garrafas: para vidro branco a Compal, a Castello e a Pedras (com sabor), para castanho a Super Bock, a Bandida do Pomar e a Somersby, e para verde Pedras. As garrafas foram lavadas, tiraram-se os rótulos e partiram-se manualmente (Pereira et al., 2022). Os cacos foram limpos com álcool, de modo a não ficar nenhum vestígio de pó de vidro, cola ou outro contaminante. Alguns cacos foram triturados com um almofariz e um pilão de ferro e estes grãos lavados. Com peneiras, os vidros foram divididos em várias granulometrias, de pó a 6mm. Durante todas as etapas de manuseamento do vidro, utilizaram-se Equipamentos de Proteção Individual (EPI), nomeadamente bata, calçado fechado, luvas resistentes a cortes, óculos de proteção e, no caso de se contactar com pó de vidro, máscara FFP3.

Numa primeira instância, fizeram-se testes com o objetivo de compreender o comportamento do vidro residual, submetido a diferentes temperaturas, em distintos tamanhos e granulometrias, bem como analisar as propriedades inerentes a cada cor de garrafa. Diferentes provetes serviram de base para as experiências, contemplando:

- Compatibilidades: testaram-se as três cores de vidro para verificar se fundem sem causar tensões e, consequentemente, rachas;
- Temperaturas: determinaram-se os intervalos térmicos adequados para fusão do vidro, garantindo a integridade das peças e temperatura de fusão ideal;
- Formas: experimentaram-se formas circulares e quadradas, com variações de tamanho, para compreender como o vidro reage e se adapta a diferentes moldes e formas;
- *Slumping*: realizaram-se testes de conformação do vidro por gravidade, aquecendo-o para que assumisse a forma do molde, desde o mínimo de temperatura possível para o vidro se mexer, até estar totalmente com o formato pretendido do *slumping*.

Realizaram-se provetes de compatibilidade entre as três cores selecionadas (branco e verde; branco e castanho; verde, castanho e branco; verde e castanho), utilizando-se cacos com cerca de 5cm. Ao fim de 48 horas fora da mufla, os provetes ainda estavam intactos. Passadas duas semanas, o provete com as três cores — branco, verde e castanho — rachou (Fig. 1). Os outros não modificaram até ao final da investigação, passados 4 meses. As rachas (que podem evoluir e, eventualmente, partir) acontecem devido ao coeficiente de dilatação ou coeficiente de expansão térmica (COE), que, se forem muito distintos, podem criar tensões na peça até quebrar (Navarro, 2003). Cientificamente, a opção mais viável é utilizar um polariscópio (Almeida, 2011), aparelho que nos permite verificar a existência de tensões no interior do vidro, no entanto apenas fábricas e laboratórios especializados possuem este aparelho, não estando, geralmente, disponível em estúdios e faculdades.

o mais utilizado no mundo (Qizi e Tahirovich, 2022). Está presente em janelas, garrafas, recipientes e utensílios de mesa.



Figura 1. Provetes de compatibilidade ao fim de 2 semanas. Fonte: Imagem da autoria de Catarina Silva Pinto (2025).

Segundo Oseng et al. (2009), o tamanho do fragmento, a temperatura e o tempo de patamar na fusão afetam a resistência das peças. Neste estudo, foram conduzidas séries de provetes, de 4x8cm, com os vidros branco, verde e castanho, não só sozinhos, como também fundidos entre si. As temperaturas foram de 730°C a 870°C, de 20°C em 20°C, tendo em conta os pontos de fusão do vidro estudados, e com um patamar de 5 minutos.
Realizou-se uma série com pó de vidro e granulometria 1mm e 2mm misturados, com diferentes espessuras (2mm, 4mm e 6mm). Com estas experimentações, verificou-se que os vidros têm temperaturas de fusão diferentes, sendo o mais alto o branco e o mais baixo o castanho. Para este tamanho de grão, as temperaturas ideais, considerando os três, são de 770°C (Fig. 2). Estes ficaram ainda semitransparentes e o grão permaneceu percetível, enquanto, em temperaturas superiores, o grão fundiu demais e opalizou. Verificou-se, igualmente, bastante fragilidade nos provetes de 730°C.

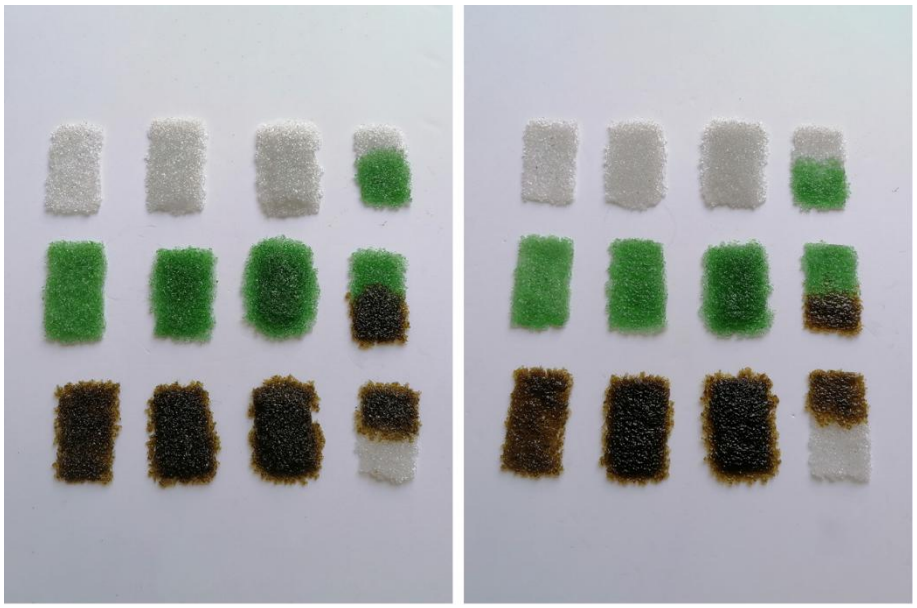


Figura 2. Melhores resultados com a granulometria menor: provetes a 770°C e 790°C. Fonte: Imagem da autoria de Catarina Silva Pinto (2025).

Foi realizada uma série com granulometria maior, entre 3mm a 5mm. Neste caso, os provetes com melhores resultados foram as temperaturas de 830ºC e 850ºC (Fig. 3), uma vez que os grãos se fundiram totalmente, sem opalizar. Verificou-se que os provetes de 730ºC e 750ºC ficaram frágeis, com os grãos pouco fundidos, acabando por partir.

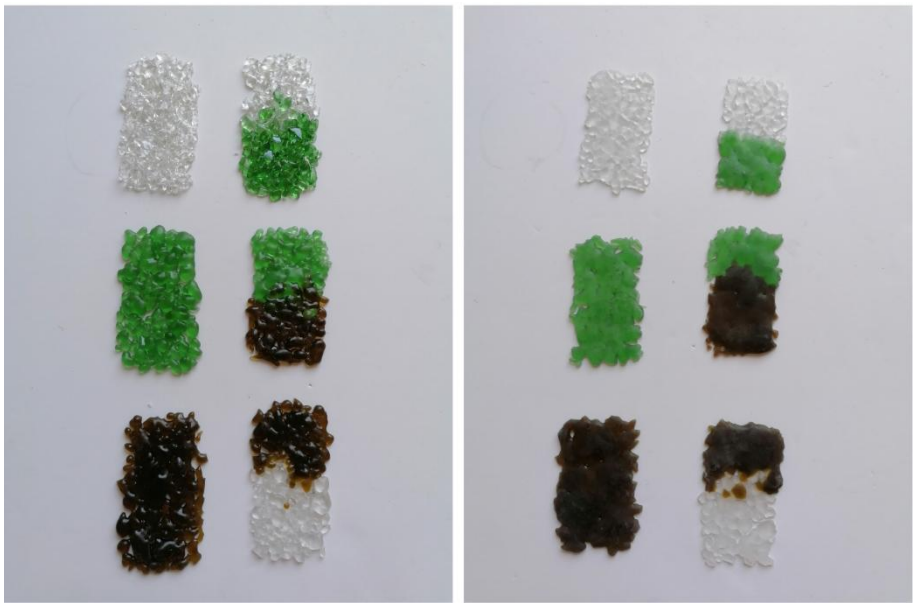


Figura 3. Melhores resultados com a granulometria maior: provetes a 830ºC e 850ºC. Fonte: Imagem da autoria de Catarina Silva Pinto (2025).

Seguidamente, produziram-se moldes de gesso e sílica e de grés, para avaliar possibilidades de produção de formas circulares e retas. Nos moldes de gesso e sílica, com tamanhos de 5x5cm e 10x10cm, colocou-se vidro em pó e de granulometria 1mm e 2mm, optando-se pela temperatura de melhor resultado, os 770ºC (Fig. 4). Os moldes foram utilizados com caulino em pó, de forma a facilitar o processo de desmoldagem. Realizaram-se as três tiragens, uma para cada cor de garrafa e, ao fim destas, o molde foi descartado, devido a fissuras que foram aparecendo com as idas à mufla (os moldes de gesso têm a vida útil curta) (Cummings, 2009).
Paralelamente, construíram-se moldes cerâmicos, com grés branco com chamote fino (Cummings, 2009), que foram chacotados aos 950ºC. Foram considerados os mesmos formatos, circular e quadrado, construindo um para peças de cerca de 2cm, outro de 8cm e outro de 14cm. Para estes utilizou-se a granulometria superior, entre 3mm a 5mm, a uma temperatura de 850ºC, segundo os provetes anteriormente realizados.

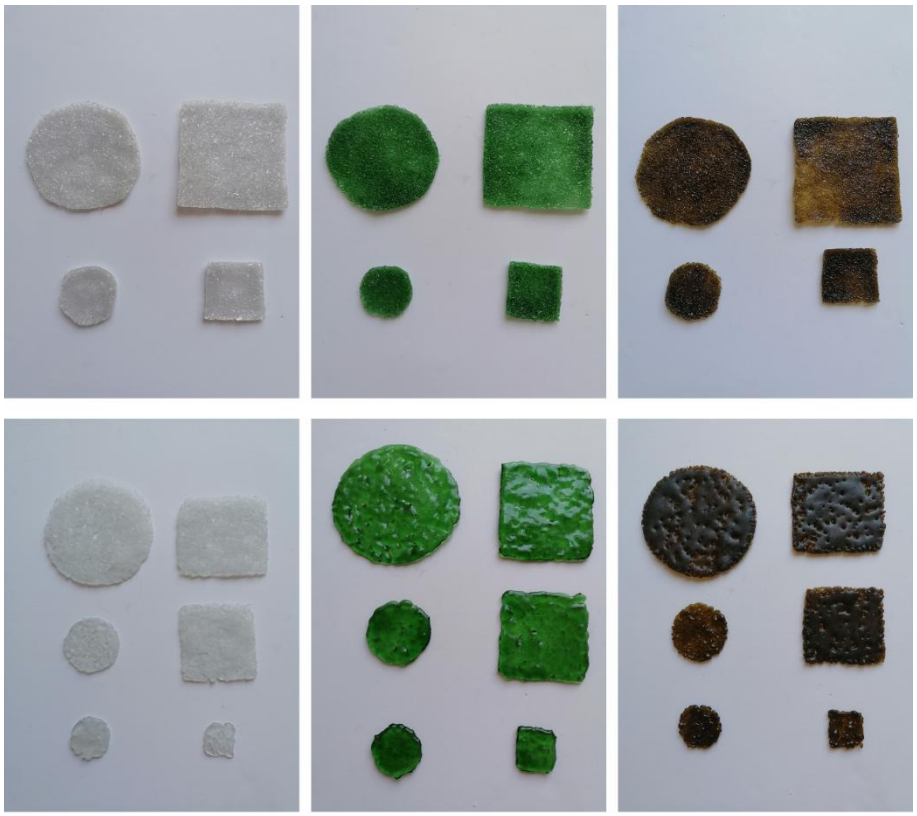


Figura 4. Provetes de formas circular e quadrada com vidro de garrafa. Em cima, com moldes de gesso e sílica; em baixo, com moldes cerâmicos. Fonte: Imagem da autoria de Catarina Silva Pinto (2025).

Os últimos provetes realizados foram de *slumping*. Com moldes cerâmicos convexos, um com uma ligeira curvatura e outro com verticalidade acentuada, levaram-se amostras retangulares com vidro de garrafa, previamente fundidos a 850°C, a várias temperaturas na mufla. Numa segunda ida à mufla, as peças foram submetidas a temperaturas com intervalos de 20°C em 20°C, iniciando-se nos 660°C e até aos 760°C. À temperatura mínima (660°C), as peças praticamente não curvaram, enquanto à temperatura máxima (760°C) moldaram-se totalmente à peça de grés. Assim, clarificou-se a mínima temperatura para o vidro cair, pela gravidade, bem como a mínima temperatura necessária para realizar o *slumping* (Fig. 5).

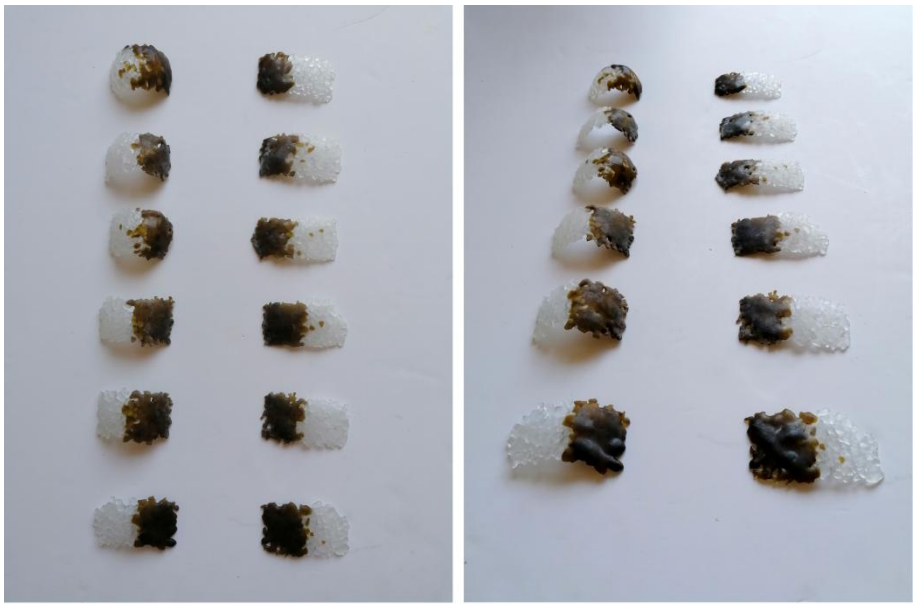


Figura 5. Provetes de *slumping* desde os 660°C (à frente) aos 760°C (atrás). Fonte: Imagem da autoria de Catarina Silva Pinto (2025).

3.2. Aplicação dos desperdícios em artefactos

Na sequência dos resultados obtidos, foram conduzidas experiências laboratoriais para moldar o vidro na mufla através da técnica de *slumping*. Para tal, são necessários moldes, podendo estes ser de gesso e sílica, cerâmica ou de metais com temperatura de fusão elevados, como aço inox ou ferro (Navarro, 2003). Selecionaram-se, inicialmente, moldes de aço inox e moldes cerâmicos, pela possibilidade de múltiplas tiragens. Para ambos é necessário aplicar um desmoldante, para que a peça de vidro não se agarre ao molde e cause tensões – neste caso, foi utilizada uma mistura de 50% caulino e 50% água.

Identificou-se que a melhor solução para o projeto de investigação seria a utilização de moldes cerâmicos, de grés, uma solução prática, económica e sustentável. A pasta indicada para *slumping* do vidro é o grés com chamote fino, por ser resistente, pouco porosa e estável (Cummings, 2009). É um material que alia a acessibilidade, facilidade de produção e resistência suficiente para múltiplas tiragens[21].

[21] Optou-se pelo uso da pasta Prai, uma argila branca com 40% de chamote fino (0–0,2 mm) e 20% de humidade, que tem um bom desempenho na secagem (contração de 4,5%) e na cozedura (contração de 4,4 a 7%), com elevada plasticidade e grande resistência mecânica e térmica após a queima, sendo, assim, indicada para moldes de *slumping* de vidro, devido à sua estabilidade dimensional, baixa porosidade e resistência ao choque térmico.

Segundo Richard Sennett (2008), o saber-fazer constrói-se através da repetição, experimentação contínua e contacto direto com os materiais. No contexto desta investigação, essa aprendizagem progressiva foi essencial, permitindo uma maior compreensão do comportamento do vidro reciclado, nomeadamente à medida que as peças se tornaram mais complexas e de maior escala. Este percurso revelou-se não só como uma evolução formal, mas como o aprofundamento de uma relação entre o designer, o material e o processo, onde a prática sustentada molda as decisões. Frayling (1993) reforça esta visão ao afirmar que o fazer no design deve ser acompanhado de pensamento crítico e reflexão analítica. Na presente investigação, o processo experimental não foi apenas técnico, já que cada fase alimentou novas questões e levantou hipóteses. Nesta linha de pensamento, Archer (1995) defende que a investigação em design exige o mesmo rigor das outras áreas do conhecimento, reconhecendo, no entanto, as suas especificidades criativas. A metodologia adotada neste trabalho assenta justamente na prática como forma de investigação, sendo a experimentação um meio essencial para gerar conhecimento, orientar decisões de projeto e promover a consciência ambiental, que aqui se assume como um pilar orientador.

Neste contexto, realizaram-se várias peças de teste, segundo a técnica de *slumping*, e com cacos superiores a 1cm, aumentando-se gradualmente o tamanho das mesmas. Inicialmente realizaram-se peças com duas cores de vidro de garrafa. Verificou-se que o vidro verde não é compatível com vidro branco nem castanho, correspondendo à perceção da investigadora de doutoramento Cassandra Pereira, que informou em discussões informais. Verificou-se, também, que, ao utilizar somente vidro de garrafa, as peças ficam delineadas pouco uniformemente e com buracos, percebendo-se o potencial da utilização de vidro *float*[22] (de janela), de base, fundido com cacos de vidro de garrafa reciclado.

Os moldes cerâmicos foram feitos a partir de modelações 3D em SolidWorks, e impressos em 3D em PLA. Realizaram-se lastras na pasta Prai, que foram sobrepostas sobre as impressões. Após a sua secagem foram a chacotar aos 950ºC e colocou-se a mistura desmoldante de caulino. Foram realizados vários moldes, alguns com a repetição de formas.

No processo de experimentação procurou-se equilibrar o gasto energético e o aspeto das peças, quer para a fusão, numa primeira ida à mufla, quer para *slumping*, na segunda ida à mufla, seguindo premissas da economia circular e princípios da sustentabilidade. Henry Halem (1996) sublinha a importância da paciência no processo de recozimento (*annealing*) e arrefecimento do vidro. Recozer corresponde a manter a peça a uma temperatura específica para aliviar tensões internas (*strains*). O arrefecimento é o processo de levar o vidro, após o recozimento, até à temperatura ambiente. As tensões surgem quando o vidro encolhe ao arrefecer, especialmente entre a temperatura de recozimento e o chamado ponto de tensão (*strain point*), que, no caso do vidro soda-cal, é cerca de 370ºC. Devido a possíveis tensões entre os vidros, optou-se por um programa longo e básico de fusão:

12h ↑ 575° ↔ 30’
0’ ↑ 800° ↔ 3’
0’ ↓ 575° ↔ 5h
6h ↓ 470° ↔ 4h
5h ↓ 370° ↔ 2h
6h ↓ 80°[23]

[22] Vidro plano produzido através de um processo no qual o vidro fundido flutua sobre uma camada de estanho, resultando numa superfície lisa e uniforme. Este tipo de vidro é a base para a produção de diversos outros, como temperado ou laminado.

Para o *slumping*, testou-se um programa mais curto, com menos passos na subida e na descida, porém, as peças resultantes deste programa racharam. Assim, adotou-se um programa com uma subida rápida, para evitar estrias no vidro[24], e uma descida lenta e com patamares:
6h ↑ 640° ↔ 7'
45' ↓ 565° ↔ 5h
8h ↓ 400° ↔ 4h
5h ↓ 300°
6h ↓ 80°
Nestes protótipos, identificaram-se aspetos a melhorar, nomeadamente a textura irregular e rugosa presente na parte inferior das peças, resultante do contacto direto do vidro com a lã cerâmica na mufla, durante a fusão. Para obter superfícies lisas e brilhantes, passou-se a utilizar papel ThinFire[25] colocado entre o vidro e a base do molde. Em determinadas experiências, posicionaram-se lado a lado dois moldes com o mesmo formato, de modo a fundir o vidro num único conjunto. Contudo, as interseções não ficaram perfeitamente alinhadas, originando pequenas aberturas. Para evitar que o vidro se deformasse pela ação da gravidade nessas zonas, aplicou-se lã cerâmica como suporte. Com esta solução, porém, tornou-se visível o relevo deixado pelo molde do papel. Perante este resultado, optou-se por assumir a marca visual como parte integrante da peça e replicá-la intencionalmente, dispondo pedaços de lã cerâmica[26] ao longo da superfície para criar pequenas concavidades variadas.
Seguidamente, realizaram-se protótipos com variações de formatos e tamanhos nos moldes cerâmicos. Ao realizar peças de maior escala, detetaram-se problemas de incompatibilidade entre o vidro castanho e branco, devido a diferentes COE, provocando rachas na peça. Assim, optou-se por não conjugar vidro branco e castanho, utilizando-se apenas uma cor de vidro de garrafa para cada peça (Fig. 6).

[23] ↑ subida da temperatura; ↔ patamar; ↓ descida da temperatura. No programa apresentado, a mufla inicia com um aquecimento gradual durante 12 horas até atingir 575°C, mantendo-se a esta temperatura durante 30 minutos. De seguida, a temperatura é novamente elevada até 800°C, onde permanece durante 3 minutos. Posteriormente, inicia-se a descida da temperatura até 575°C, mantida durante 5 horas, seguida de reduções sucessivas. Até 470°C, numa descida controlada de 6 horas e, depois, mantida por 4 horas, 370°C, numa descida controlada de 5 horas, e mantida 2 horas, e, por fim, até 80°C, numa descida de 6 horas, completando o ciclo de arrefecimento.

[24] Isto acontece nas partes inferiores das peças, devido ao vidro escorrer no molde e não ter espaço para se mexer.

[25] Um papel refratário específico para trabalhos em vidro.

[26] A lã cerâmica utilizada para o efeito já havia sido usada. Pode-se reutilizar várias vezes, e, com as várias utilizações, fica degradada.



Figura 6. Exemplos de protótipos realizados ao longo da investigação. Fonte: Imagem da autoria de Catarina Silva Pinto (2025).

4. Resultados

A partir dos resultados obtidos na fase de experimentação, foram realizados os artefactos finais (Figs. 7 e 8). Selecionaram-se os moldes maiores e fundiram-se vidros reciclados de cor verde e castanho com vidro *float*. Utilizou-se papel ThinFire, por cima da lã cerâmica na mufla para as peças ficarem sem textura de ambos os lados e optou-se pela descida lenta e com vários passos no processo de produção.

O processo começou com testes de peças pequenas, aumentando-se a escala progressivamente. Para tal, foram considerados os tamanhos das muflas de cerâmica (máx. 83 x 90 x 57 cm) e de vidro (máx. 15 x 65 x 130 cm). De modo a economizar os meios e reduzir os gastos energéticos, os tamanhos das peças foram pensados em conformidade com as dimensões das muflas, particularmente a mufla de vidro, na qual se projetou cada programa para caberem duas peças. O aumento da dimensão das peças possibilitou um melhor entendimento da matéria, já que em maior escala se verificaram incompatibilidades.

Para os artefactos finais, criaram-se manchas controladas e consistentes com os fragmentos de vidro verde e castanho. Realizaram-se duas terrinas e duas taças partindo do formato e da curvatura da terrina. A utilização combinada de vidro *float* e vidro de garrafa castanho e verde permitiu explorar contrastes entre transparência, opacidade e texturas, resultando em composições formalmente coesas. A escala das peças possibilitou testar os limites técnicos do *slumping*, realçando a materialidade do vidro reciclado. A opção pelas técnicas artísticas permitiu conservar marcas do processo, criando identidade e autenticidade.

Do ponto de vista formal, os artefactos revelam um equilíbrio entre organicidade e controlo técnico, conseguidos pela execução dos vários protótipos realizados. O resultado não se cinge à estética formal. As formas são também elas comunicativas, trazendo à superfície a história e o ciclo de transformação do vidro, materializando todo o processo de investigação.



Figura 7. Exemplo de um dos artefactos finais (10 x 50 x 44 cm). Fonte: Imagem da autoria de Catarina Silva Pinto (2025).

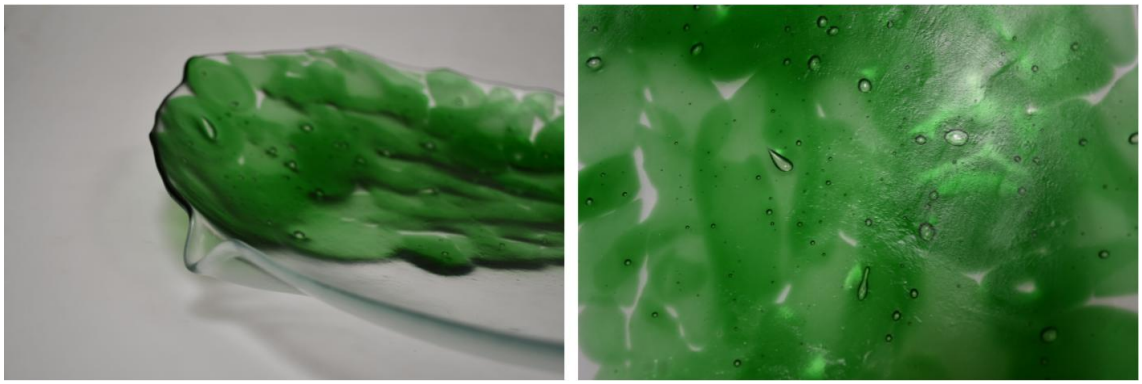


Figura 8. Detalhes do artefacto final. Fonte: Imagem da autoria de Catarina Silva Pinto (2025).

5. Considerações finais

Este artigo descreve o processo de desenvolvimento de peças em vidro reciclado, através de uma abordagem sustentada na experimentação contínua e na reflexão crítica sobre os materiais em consonância com as técnicas artísticas. Partindo do vidro de garrafa como recurso, o projeto procurou oferecer uma alternativa ao seu descarte, valorizando os desperdícios. Este ciclo promove práticas de design mais conscientes e alinhadas com os pressupostos da economia circular.

Ao longo do processo foram realizados diversos provetes e protótipos, testando compatibilidades entre vidros, intervalos de temperatura e grão. A progressiva complexificação e aumento de escala das peças permitiu consolidar o conhecimento técnico e material, sendo a prática reiterada na construção do *know-how*. A abordagem adotada possibilitou uma produção eficaz e funcional, consumo energético reduzido e a criação de peças únicas, ainda que passíveis de serem aproximadamente reproduzidas.
Os artefactos finais respeitam exigências técnicas, formais e sustentáveis inerentes à utilização de vidro reciclado, valorizando o papel transformador do design ao intervir de forma crítica sobre os materiais descartados, e ao atribuir-lhes valor acrescentado simbólico, estético e funcional. Esta investigação reforça a importância do saber-fazer, de forma informada, da experiência material e do compromisso ético com o ambiente, propondo o design de artefactos que respondem a necessidades contemporâneas.

Referências

Almeida, T. (2011). *O vidro como material plástico: Transparência, luz, cor e expressão*. (Tese de Doutoramento). Universidade de Aveiro, Aveiro, Portugal.

Archer, B. (1995). The nature of research. *Codesign*, 6–13.

Brown, T. (2008). Design thinking. *Harvard Business Review*, *86*, 84–92.

Colangelo, S. (2024). Reducing the environmental footprint of glass manufacturing. *International Journal of Applied Glass Science*, *15*(4), 350–366. https://doi.org/10.1111/ijag.16674

Cummings, K. (2009). *Contemporary kiln-formed glass: A world survey* (1st ed.). University of Pennsylvania Press, Incorporated.

dmglassware.com. (2024). *Ponto de fusão do vidro soda-cal - um guia profissional para a indústria de vidro*. Consultado a 26 de agosto de 2025 em https://dmglassware.com/pt/soda-lime-glass-melting-point/

Ellen MacArthur Foundation. (2013). *Towards the circular economy: Economic and business rationale for an accelerated transition*.

Frayling, C. (1993). Research in art and design. *Royal College of Art Research Papers*, *1*(1).

Halem, H. (1996). *Glass notes: A reference for the glass artist* (3rd ed.). Franklin Mills Press.

Margolin, V. (2002). *The politics of the artificial*. The University of Chicago Press.

Martin, B., & Hanington, B. (2012). *Universal methods of design*. Rockport Publishers.

Navarro, J. (2003). *El vidrio*. Consejo Superior de Investigaciones Científicas.

Norman, D. (2023). *Design for a better world*. The MIT Press.

Oseng, T. E., Donne, K. E., & Bender, R. (2009). Physical and aesthetic properties of fused recycled bottle glass. *Making Futures*, *1*, 249–265. https://makingfutures-journal.org.uk/index.php/mfj/article/view/30

Pereira, A., Pereira, C., & Almeida, T. (2022). *O vidro reciclado na prática artística: Fusão e slumping* (Vol. 1). Editora i2ads. https://doi.org/10.54499/UIDB/00729/2020

Qizi, N., & Tahirovich, A. (2022). Glass containers, classification of their composition, characteristics. *Texas Journal of Engineering and Technology*, *14*, 34–35. https://zienjournals.com/index.php/tjet/article/view/2762

Recicla.pt. (2025). *Rumo à inovação da reciclagem do vidro*. Consultado a 26 de agosto de 2025 em https://recicla.pt/abc-da-reciclagem/rumo-a-inovacao-da-reciclagem-do-vidro/

Ruivo, A. (2013). *Synthesis and characterization of innovative luminescent glasses for artistic applications*. (Tese de Doutoramento). FCT UNL, Lisboa, Portugal.

Sennett, R. (2008). *The craftsman* (1st ed.). Yale University Press. New Haven & London.

Sociedade Ponto Verde. (2025). *Portugal mantém risco de incumprimento*. Consultado a 26 de agosto de 2025 em https://www.pontoverde.pt/noticias_detalhe.php?id=718&pagina=1

Vezzoli, C., & Manzini, E. (2008). Design for environmental sustainability. In *Design for Environmental Sustainability* (1st ed.). Springer-Verlag London Limited. https://doi.org/10.1007/978-1-84800-163-3

4. Revista Convergências

Artigo científico submetido para a Convergências - Revista de Investigação e Ensino das Artes.

10.xxxxxxx (doi)

Section

The artisanal and the industrial: From opposition to complementarity

O artesanal e o industrial: Da oposição à complementaridade

Catarina Silva Pinto[1] Conceptualization, Investigation, Writing, 0009-0003-1436-661X

Simão Afonso[1] Conceptualization, Investigation, Writing, 0009-0007-4728-3537

Cláudia Raquel Lima[2, 3] Resources, Supervision, 0000-0002-3279-4808

Teresa Almeida[1, 4, 5] Resources, Supervision, 0000-0002-2033-0459

Rui Mendonça[1,2, 6] Supervision, Validation, 0000-0003-3637-1770

[1] Faculty of Fine Arts, University of Porto, Porto, Portugal

[2] ID+, Research Institute for Design, Media and Culture

[3] Lusófona University, Porto, Portugal

[4] VICARTE, Research Unit "Glass and Ceramics for the Art", School of Science and Technology, NOVA University Lisbon, Monte da Caparica, Portugal

[5] i2ADS Research Institute in Art, Design and Society, Faculty of Fine Arts, University of Porto, Porto, Portugal

[6] University of Trás-os-Montes and Alto Douro, Vila Real, Portugal

Correspondent Author:

Catarina Silva Pinto, Av. de Rodrigues de Freitas 265, 4049–021 Porto, catfranciscasilva@gmail.com

Simão Afonso, Av. de Rodrigues de Freitas 265, 4049–021 Porto, tinkers202@gmail.com

Abstract

Introduction: This article seeks to analyse and identify the relationships and differences between artisanal and industrial production, reinterpreting their traditional opposition as a field of complementarity.

Method: Drawing on theoretical, historical, and contemporary foundations, it reflects on how design can mediate between tacit workshop knowledge and industrial processes, contributing to more sustainable and ethical practices. Key concepts from various authors, such as the "industrial atmosphere", the "Maker Movement", and the "workmanship of risk", underpin this investigation. Furthermore, case studies illustrate hybrid strategies that combine technological precision with artisanal mastery, reinforcing authenticity, identity, and cultural and symbolic value.

Conclusion: The article proposes practical recommendations, including intermediate infrastructures (fab labs and micro-factories), hybrid education, systematic documentation, and authorship protection mechanisms. It concludes that hybrid design constitutes a contemporary model capable of uniting industrial efficiency with artisanal authenticity, fostering a fairer and more circular material culture.

Keywords: design; artisanal; industrial; circular economy; authorship.

Resumo

Introdução: O presente artigo procura analisar e identificar as relações e as diferenças entre a produção artesanal e a produção industrial, reinterpretando a sua tradicional oposição como um campo de complementaridade.

Método: Partindo de fundamentos teóricos, históricos e contemporâneos, reflete-se como o design pode mediar entre saberes tácitos de oficina e processos industriais, contribuindo para práticas mais sustentáveis e éticas. São apresentados conceitos-chave de diferentes autores como a "industrial atmosphere", o "Maker Movement" e o "workmanship of risk", que sustentam esta investigação. Além disso, casos de estudo ilustram estratégias híbridas que combinam precisão tecnológica e mestria artesanal, reforçando autenticidade, identidade e valor simbólico e cultural.

Conclusão: O artigo propõe recomendações práticas que incluem infraestruturas intermédias (fab labs e microfábricas), educação híbrida, documentação sistemática e mecanismos de proteção de autoria. Conclui-se que o design híbrido constitui um modelo contemporâneo capaz de unir eficiência industrial e autenticidade artesanal, promovendo uma cultura material mais justa e circular.

Palavras-chave: design; artesanal; industrial; economia circular; autoria.

1. Introduction

The word design derives from the Latin *signum*, meaning sign, sharing the same etymological root. Etymologically, design means to designate, to mark, assign meaning, or give form to something, and first appeared in English in the 1540s. As a noun, it encompasses intention, plan, purpose, objective, scheme, motif, or basic structure, all associated with deception. As a verb (*to design*), it means to conceive, sketch, model, plan, or have designs on something. From its origin, design involves both creating and attributing meaning (Flusser, 1999).

Within the field of design, there are tensions between different practices, namely between artisanal and industrial production, both central to the shaping of material culture. On the one hand, craft (related to artisanal) is carried out by a skilled individual and values tradition, manual work, and cultural memory. On the other hand, industrial design prioritises standardisation, scale, and quantity. The essential difference between craft and industry lies in the mode of production: craftsmanship results from manual labour and the individual touch of the creator, ensuring the uniqueness of each piece and the presence of small (im)perfections that constitute its aesthetic value. Conversely, the industrial object is conceived for exact repetition. Any variation is considered an error, as creation occurs at the design stage rather than during execution. Consequently, craftsmanship tends to be an exceptional form of production, close to art, dedicated to unique pieces of high symbolic and economic value (Flusser, 1999).

This article highlights how these two systems, artisanal and industrial, interact and complement each other. The study is part of the Master's in Industrial and Product Design at the Faculty of Fine Arts, University of Porto, exploring contributions to the practice of "research through design" (Frayling, 1993).

Historically framed as a conflict – authenticity and uniqueness versus efficiency and accessibility – this opposition is here approached as a field of operational and cultural complementarity. Flusser (1999) observes that industrialization transformed the role of the artisan, reducing autonomy and replacing traditional, skill-based practices with standardized industrial processes. Artisanal work, rooted in human touch and (im)perfection, contrasts with industrial production, which pursues exact repetition and uniformity. The tension between expressive authenticity and technical reproducibility reflects not only practical differences but also a broader cultural debate about the place of craftsmanship and design in modern society.

Contemporary concerns like the climate crisis, technology, politics, and human rights invite viewing this dichotomy as complementary. Design should be ethical and address real issues (Papanek, 1971). Hybrid profiles, or *maestri artigiani*, combine manual skill with digital literacy. Bettiol & Micelli (2014) describe a cultural ecosystem supporting both design categories, the "industrial atmosphere" of Alfred Marshall (1997). Von Platen & Kitani (2023) describe the "Maker Movement" as democratising production, enabling experimentation, collaboration, and extending craft digitally. This aligns with Grossi (2015), who notes that "the difference is that, nowadays, technological

innovations offer new possibilities: new materials, new production techniques, new forms of invention, and new markets" (p. 11).[1]

How can design mediate between tacit workshop knowledge and industrial processes? This article addresses this question through reflection on various authors' theories. It is a review of the state of the art, with reference to case studies, aimed at clarifying divergences and engage design across both categories.

2. Theoretical foundations, framework, and relevance

Building on the previous discussion of industrial and artisanal production, this section clarifies key concepts and their relevance. Industrial production is mechanised, standardised, and based on machines and assembly lines, whereas artisanal production relies on manual or semi-manual techniques, specialisation, and uniqueness, guided by tacit knowledge and skills. Artefacts can combine both, termed semi-artisanal, semi-industrial, or hybrid.

The history of crafts reveals techniques, objects, and cultural ecologies, making artefacts vehicles of identity and collective memory, a key resource for cultural policies and local identities. Albino (2017) summarises:

> The word "artisanal" is relatively recent and originates from the French term *artisanat*. According to Júlio Katinsky (2007), the term *artisanat* was first used in 1920 to designate the activity of the artisan. The French designation *artisanat* itself derives from the Italian word *artigiano*, dating back to the 15th century. The term *artigiano* emerged during the Renaissance in Florence, when a clear distinction was established between those responsible for conceiving major works of art and those tasked with executing them.[2]

Craft is central to building territorial narratives that reinforce identity, tourism, and the local economy, legitimising initiatives to value local knowledge (Albino, 2017). Its appreciation resonates with the Arts and Crafts movement, led by William Morris in the late 19th century, which advocated a return to manual work as an ethical and aesthetic response to industrialisation. For Morris, the craftsman should master their work, combining utility, beauty, and pleasure in production. As Pye (1978) highlights, this vision, though idealised, emphasised the importance of the relationship between knowing and doing, anticipating contemporary debates on the balance between technology, design, and craftsmanship.

With design practice increasingly linked to global challenges, its relevance and ethics require a critical reading of production, guiding design toward the real needs of communities (Papanek, 1971). Today, consumers and tourists seek authentic, unique experiences. Grossi (2015) highlights how tourism values this, generating demand for artisanal products. Craft is not just a mode of production, but a characteristic of territory

and culture. Technological developments are reshaping social perceptions of craft, influencing how traditional practices evolve in contemporary contexts (Kofler & Walder, 2024).

Studies on innovation and clusters emphasise that proximity, informal practices, and trust networks drive collective learning and incremental innovation, which design can support by mediating scaled processes (Bettiol & Micelli, 2014). A systemic approach considers material, institutional, and social flows. Circular economy requires preserving both material and symbolic value, demanding design that combines technique and storytelling (Yan et al., 2025).

Research through design (Frayling, 1993) establishes the studio as a knowledge-producing space: prototypes, trials, and systematic interaction generate technical data, heuristics, and procedures. Frayling (1993) and Pye (1978) demonstrate that reflection in practice constitutes a form of knowledge not reducible to codified rules. These authors underline that the craftsman's tacit knowledge incorporates material sensitivity, process intuitions, and micro-adjustments that standardised specifications rarely capture, supporting embodied creativity and imaginative skill (Kimmel & Groth, 2024). Recognising this is essential for any attempt to transfer an authorial process to a larger industrial scale. This aligns with Providência (2022), who highlights that practical, embodied experience is essential for designers to develop material understanding and creative skills that cannot be fully captured by rules or instructions.

In this context, David Pye (1978) critically reviews the Arts and Crafts movement, arguing that William Morris idealised manual work without understanding its true nature. For Pye, the quality of craft does not depend on the absence of machines, but on what he calls "workmanship of risk", a margin of uncertainty requiring judgment, skill, and sensitivity. In contrast, industrial production relies on "workmanship of certainty", where the outcome is fully controlled. Pye thus rejects the opposition between "handmade" and "machine-made," showing that craft's value lies in the relationship between risk, control, and creativity.

The value of an object is not exhausted by its function. It contains narrative layers, memory of the process, and authorial signature that support market niches and valorisation strategies. Circular economy adds an instrumental dimension: extending material value also requires preserving the symbolic capital that renders certain residues and materials desirable (Vezzoli & Manzini, 2008). Consequently, design's challenge is both technical (how to produce) and semiotic (how to narrate).

2.1. Historical evidence and contemporaneity

The historical economic perspective provides frameworks for understanding how clusters and industrial districts emerge and why knowledge circulates in certain geographies. Alfred Marshall's (1997) concept of the "industrial district" describes the territorial concentration of small and medium-sized enterprises within the same sector,

whose interdependencies promote resource sharing, productive specialisation, and tacit knowledge circulation. What Marshall termed the "industrial atmosphere" reflects know-how "in the air" (p. 156), diffusing through proximity, informal relationships, and social networks across factories, workshops, and communities. Bettiol & Micelli (2014) show how Italian industrial districts became fertile ecosystems of innovation, where artisans and firms collaborate in prototyping, finishing, and aesthetic experimentation, integrating traditional craftsmanship with global market dynamics.

The history of Italian *botteghe*[3] exemplifies the productivity of proximity: cases such as Giovanni Sacchi show that the artisan often acted as co-author of a design, contributing formal and technical solutions that enriched initial drawings (Bettiol & Micelli, 2014). Sacchi, a modeller and craftsman, ran a workshop as a collective laboratory where designers and artisans collaborated intensively. Transforming a sketch into a prototype was an iterative, two-way process. The artisan was not a mere executor but a co-author providing material knowledge, scaling solutions, and formal proposals that enhanced the design. This practice, occurring in cluster contexts with intense tacit knowledge circulation, illustrates how artisanal know-how has historically been, and continues to be, a source of innovation when integrated with local production structures.

The Industrial Revolution transformed object production, marking the shift from hand tools to scientifically designed machines. Flusser (1999) argues that while hand tools adapted to human needs, machines impose a new paradigm in which technology defines production possibilities and limitations. This change reduced the artisan's autonomy, replaced by standardised industrial processes, and fundamentally altered the human relationship with objects, prompting reflection on the philosophical implications for design. Industrial design, once focused on efficiency and mass reproducibility, is increasingly understood as a cultural and ethical practice that mediates between technology, society, and meaning (Gal & Ventura, 2023). However, mass production introduces tensions: standardisation, loss of diversity, and the risk of alienating users from the production process (Norman, 2023).

In contemporary contexts, the Master & Maker report (Grossi, 2015) documents hybrid profiles ("digital maestro artigiano"), which reinterpret the role of botteghe in the era of platforms and networked tourism, opening commercial channels for unique artefacts. These profiles combine manual skill, digital literacy, and the ability to operate networked platforms. They act as pivots between studio and micro-factory, possessing practical legitimacy and technical expertise to engage with digital processes and short production networks. Grossi (2015) also highlights the "Maker Movement," which has been further explored by Von Platen & Kitani (2023) and Yan et al. (2025), introducing a new era of creation, and sharing ideas among citizens, designers, and artisans, combining manual know-how with digital fabrication. Simultaneously, makerspaces and fab labs, proposed by Elwakil et al. (2023), democratise access to technologies, accelerating prototyping and fostering communities that link formal and informal knowledge, enabling testing of intermediate processes and clarifying where automation is acceptable versus where human touch is indispensable.

Contemporary industrial processes face the dual need to be hybrid and to address current concerns. There is an urgency for alignment with environmental targets, requiring technological innovations, policy measures, and reconfigured value chains. Conscious design nurtures conscious consumers, and alongside these demands, opportunities arise to rethink the interaction between industrial scale and low-impact practices, such as those emerging from craftsmanship and the circular economy (Vezzoli & Manzini, 2008; Norman, 2023).

3. Practical instruments and hybrid profiles

Scaling from unique objects to replicable processes requires integrating technical, organisational, and market-based instruments. Each stage needs documentation, including validation criteria, testing protocols, material sheets, CAD drawings, and notes on variability, tolerances, and aesthetics (Elwakil et al., 2023). Frayling (1993) emphasised documenting research in art and design so studio-generated knowledge can be shared. A layered process – from prototype to local maker networks, micro-factories, pilot lines, and industrialization – reduces technical and financial risk and highlights where manual intervention and craftsmanship remain essential (Elwakil et al., 2023).

Norman (2023) emphasises that materiality and emotion are central to design, so industrialisation must consider experience as well as function. Hybrid manufacturing, combining digital or automated processes with manual finishing, for instance, preserves authorship while ensuring repeatability. These productions also encourage experimentation and novel approaches by linking perception, embodied activity, and imaginative skill (Kimmel & Groth, 2024). Further ahead, this article presents instruments that integrate technical, organisational, and market tools to scale production, while preserving the identity and authorship of the original design.

3.1. Case studies

Bettiol & Micelli (2014) identify several brands with hybrid design approaches, such as Geox, Dainese, and Tecnica, which merge artisanal quality with industrial design to achieve global-scale production. This dialogue now extends to independent and experimental design practices.

At an industrial level, several major brands exemplify how hybrid production effectively combines automation and craftsmanship. Ferrari merges robotic precision with artisanal finishing in its vehicles, where machines ensure accuracy and artisans craft details such as engines and interiors. Louis Vuitton balances laser cutting and industrial sewing with manual assembly and finishing, preserving exclusivity and authenticity. Camper integrates 3D printing and automated manufacturing with traditional hand-stitching, maintaining its hallmark artisanal quality. In Portugal, Vista Alegre Atlantis blends

automated systems with glassblowing and hand-finishing, showing how traditional expertise can coexist with advanced production technologies.

In Portugal, several contemporary designers also engage in hybrid practices that merge industrial precision with artisanal sensitivity. Through this dialogue, they challenge conventional production paradigms and reaffirm the material and cultural authenticity of design as a reflective practice. Pedro Almeida, for instance, explores this intersection in his footwear collections, combining digital fabrication and industrial cutting techniques with traditional shoemaking methods. His work demonstrates how technological precision can enhance, rather than replace, the expressive and ergonomic qualities of craftsmanship. Almeida's brand, grounded in the tradition of Portuguese shoemaking, exemplifies how industrial efficiency can coexist with artisanal value in contemporary fashion production (Portuguese Shoes, n.d.).

Vanessa Barragão's artworks expand this hybrid paradigm through an ecological perspective. By repurposing industrial textile waste and reworking it by hand using crochet, felting, and tufting techniques, Barragão transforms industrial residue into intricate, handcrafted installations. Her practice highlights the potential of artisanal processes to critique and regenerate the environmental impact of mass production (Specialty Fabrics Review, 2019). Although Helena Cardoso's work does not represent hybrid design in the strict sense of merging craft and industrial production, her practice embodies a form of conceptual hybridity. Through the combination of artisanal textile techniques and contemporary design methodologies, she redefines traditional making as a reflective and experimental process. Collaborating with local artisans and rural communities, Cardoso transforms ancestral craft into a material and cultural dialogue, weaving narratives where "landscape" and "touch" merge through artisanal technique, chromatic sensitivity, and collective memory (Rocha & Sousa, 2019).

These examples show that hybridisation between artisanal and industrial production effectively combines quality, identity, and scalability. They reveal how technological precision can coexist with human craftsmanship, reinforcing hybrid design as a mediator between tradition and innovation and as a sustainable model aligned with contemporary market and cultural demands.

3.2. Practical recommendations

Developing a hybrid design approach requires avoiding the dominance of either artisanal or industrial logic. The goal is an ecology of practices where know-how and technology coexist, supported by infrastructures, education, documentation, and policy instruments that ensure complementarity between distinct fields.

Intermediary infrastructures such as fab labs and micro-factories mediate between the studio and industry. As noted by Elwakil et al. (2023), these spaces enable small-scale validation, reducing risk while connecting manual skill and digital precision. They democratise access to fabrication and recall the Renaissance *botteghe* as spaces of tacit

knowledge (Bettiol & Micelli, 2014), now reinterpreted as nodes for sustainable and local production. Hybrid education should combine manual practice, critical reflection, and digital literacy. Papanek (1971) links craft to ethical judgement, while Pye (1978) values reflection in action as tacit knowledge. Manzini (2015) shows how design connects local know-how through collaboration, an approach aligned with Providência (2022), who emphasizes learning through hands-on experience to strengthen designers' practical understanding.

Authorship protection and fair recognition are essential. Gal & Ventura (2023) emphasise that design operates within broader cultural and economic systems. Without clear contracts, industrial appropriation may occur. Mechanisms such as co-authorship and intellectual property agreements, royalties, and traceability systems (Vezzoli & Manzini, 2008) safeguard transparency, equity, and symbolic value.

Systematic documentation supports responsible knowledge transfer. Frayling (1993) stresses the need for practice-based research, while standardised templates and controlled repositories make artisanal knowledge reproducible without losing authorship. As Elwakil et al. (2023) argue, hybrid systems need diverse indicators such as knowledge transfer, waste reduction, and local resilience. Policy incentives consolidate these ecosystems. Grants, tax benefits, and public procurement favouring circular and regional production strengthen territorial value and encourage sustainable collaboration.

In summary, the hybridisation of artisanal and industrial production should be understood as a field of complementarity. Hybrid design systems increasingly integrate sustainability practices, balancing technical efficiency with ethical and environmental considerations (Yan et al., 2025; Kofler & Walder, 2024). Hybridisation must be implemented through: (1) intermediary infrastructures (fab labs, micro-factories); (2) hybrid curricula with legal/IP modules; (3) standardized documentation and templates; (4) contractual mechanisms (royalties, co-authorship) and traceability systems; (5) policy incentives favouring short supply chains and circular metrics. In this way, design can act as a mediator between tradition and innovation, contributing to a fairer, more sustainable, and culturally enriched form of production (Vezzoli & Manzini, 2008).

4. Final considerations

This study argues that the dichotomy between craft and industry is more productive when reframed as complementarity. Hybrid design combines industrial efficiency with artisanal authenticity, addressing market demands while promoting sustainability and cultural identity. It represents a field where industrial processes coexist with manual practices, creating artefacts with symbolic and cultural value and responding to contemporary concerns about ethics, sustainability, and local knowledge.

Case studies show that combining technological precision with manual finishing is feasible and strategically advantageous, particularly in niches where provenance and

production narrative add value. Preserving artisanal touch within industrial chains enables differentiated products that resonate culturally and meet the growing demand for exclusivity in global markets.

From a theoretical perspective, Marshall's (1997) concept of "industrial atmosphere" and the experience of Italian industrial districts (Bettiol & Micelli, 2014) highlight the importance of proximity, trust networks, and tacit knowledge circulation for incremental innovation. The "Maker Movement" (Von Platen & Kitani, 2023) updates this logic in the digital era, creating experimental spaces that democratise technology and connect designers, artisans, and citizens.

Practical recommendations to support hybridisation include hybrid education, systematic process documentation, intermediary infrastructures, and authorship protection mechanisms. These instruments balance artisanal and industrial contributions while aligning design with ethical, social, and environmental values, supporting circular production models (Vezzoli & Manzini, 2008).

In essence, design mediates between tradition and innovation. By combining efficiency with uniqueness, it contributes to a material culture that transcends function, generating meaning, identity, and resilience. The future of design depends on its ability to turn tensions into productive dialogue, fostering fairer, sustainable, and culturally enriched practices.

Bibliographic References

Albino, C. (2017). *À procura de práticas sábias: Design e artesanato na significação dos territórios*.

Bettiol, M., & Micelli, S. (2014). *The hidden side of design: The relevance of artisanship*.

Elwakil, R., Schroder, I., & Steemers, K. (2023). Circular Maker Cities: Maker Space Typologies and Circular Urban Design. *Buildings*, *13*(11). https://doi.org/10.3390/buildings13112894

Flusser, V. (1999). *The shape of things*. Reaktion Books.

Frayling, C. (1993). Research in art and design. *Royal College of Art Research Papers*, *1*(1).

Gal, M., & Ventura, J. (2024). *Introduction to Design Theory*. Taylor & Francis Group.

Grossi, F. (2015). *Master & maker: Artigianato e turismo nell'era del web*. GTC editrice.

Kimmel, M., & Groth, C. (2024). What affords being creative? Opportunities for novelty in light of perception, embodied activity, and imaginative skill. *Adaptive Behavior*, *32*(3), 225–242. https://doi.org/10.1177/10597123231179488

Kofler, I., & Walder, M. (2024). Crafts and Their Social Imaginary: How Technological Development Shapes the Future of the Crafts Sector. *Social Sciences*, *13*(3). https://doi.org/10.3390/socsci13030137

Marshall, A. (1997). *Principles of economics*. Prometheus Books. Retrieved October 25, 2025, from http://oll.libertyfund.org/title/1676

Norman, D. (2023). *Design for a better world*. The MIT Press.

Papanek, V. (1971). *Design for the real world*. Bantam Books.

Portuguese Shoes. (n.d.). *Pedro Almeida Footwear*. Retrieved October 29, 2025, from https://www.portugueseshoes.pt/en/portuguese-brands/pedro-almeida-footwear/

Providência, F. (2022). Design e Artesanato 22 Verbos-22 Autores. *UA Editora Universidade de Aveiro*. https://doi.org/10.48528/x8a3-sa80

Pye, D. (1978). *The nature and art of workmanship*. Cambridge University Press.

Rocha, M. M., & Sousa, C. (2019). Helena Cardoso: impressões da paisagem e texturas entretecidas Helena Cardoso: landscape impressions and interwoven textures. *Revista Estúdio, Artistas Sobre Outras Obras*, *10*(26), 104–114. www.fiberarthangzhou.com:8080/html/en/

Specialty Fabrics Review. (2019). *A coral reef, upcycled*. Retrieved October 29, 2025, from https://specialtyfabricsreview.com/2019/05/01/a-coral-reef-upcycled/

Vezzoli, C., & Manzini, E. (2008). Design for environmental sustainability. In *Design for Environmental Sustainability* (1st ed.). Springer-Verlag London Limited. https://doi.org/10.1007/978-1-84800-163-3

Von Platen, V., & Kitani, Y. (2023). A designer's understanding of the maker movement. *Proceedings of the Design Society*, *3*, 101–110. https://doi.org/10.1017/pds.2023.11

Yan, Z., Dhaygude, M., & Peng, H. (2025). *Make Making Sustainable: Exploring Sustainability Practices, Challenges, and Opportunities in Making Activities*. https://doi.org/10.1145/3706598.3713665

[1] Authors' translation. Original: "La differenza è che, al giorno d'oggi, le innovazioni tecnologiche offrono nuove possibilità: nuovi materiali, nuove tecniche di produzione, nuove forme di invenzione e nuovi mercati.".

[2] Authors' translation. Original: "A palavra artesanato é muito recente e tem a sua origem na palavra francesa artisanat. Segundo Júlio Katinsky (2007), o termo *artisanat* surgiu pela primeira vez em 1920 para designar a actividade do artesão. A designação francesa de *artisanat* tem a sua origem na palavra italiana *artigiano*, do século XV. A palavra artigiano surge quando no Renascimento, em Florença, se estabelecem claramente as diferenças entre as competências atribuídas às pessoas que decidiam as

grandes obras de arte e aquelas que eram atribuídas aos executantes dessas mesmas obras de arte.”.

[3] Described by Bettiol & Micelli, in *The hidden side of design: The relevance of artisanship*. (2014), they are, translated, Italian workshops.

SEDE ADMINISTRATIVA

FACULDADE DE **BELAS ARTES**

FACULDADE DE **ENGENHARIA**