

REUSO DE MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO: estudo de um modelo de sistema produto-serviço

REUSE OF CONSTRUCTION AND DEMOLITION MATERIALS: a study of a product-service system model

DOMINGUES, Roberta S.; Mestranda em Arquitetura e Urbanismo; PPGAU/FAUeD/UFU

roberta.domingues@ufu.br

COSTA, Beatriz G. R.; Mestranda em Arquitetura e Urbanismo; PPGAU/FAUeD/UFU

beatriz.costa@ufu.br

NUNES, Viviane G. A.; PhD em Design; PPGAU/FAUeD/UFU

viviane.nunes@ufu.br

Resumo

No contexto atual, com desafios significativos em relação à sustentabilidade na construção civil, a prática do reuso propicia a redução da exploração de novas matérias-primas e a diminuição da produção de resíduos, especialmente quando planejada integralmente no sistema em que está inserida. Este trabalho, de caráter exploratório, apresenta um sistema produto-serviço (PSS) conceitual para o setor de construção civil, elaborado a partir do uso de ferramentas de design como mapa mental, análise SWOT, *Blueprint* de serviço e *System Map*, com o objetivo de incentivar o reuso de materiais de construção e demolição, evitando seu descarte inadequado. Compreende-se que o modelo PSS proposto, enquanto conceitual, demonstra um potencial significativo para transformar o setor de construção em direção a práticas mais sustentáveis, exigindo a interconexão entre população, setor público e privado para seu funcionamento eficaz. Para pesquisas futuras, sugere-se a implementação em projetos piloto para validar e ajustar o modelo conforme necessário.

Palavras-Chave: sistema produto-serviço; reuso de materiais; design para sustentabilidade.

Abstract

In the current context, with significant challenges in relation to sustainability in construction, the practice of reuse allows the reduction of the exploration of new raw materials and the reduction of waste production, especially when fully planned in the system in which it is inserted. This work, of an exploratory nature, presents a conceptual product-service system (PSS) for the civil construction sector, developed using design tools such as mind map, SWOT analysis, Service Blueprint and System Map, with the objective to encourage the reuse of construction and demolition materials, avoiding their inappropriate disposal. It is understood that the proposed PSS model, while conceptual, demonstrates significant potential to transform the construction sector towards more sustainable practices, requiring interconnection between the population, public and private sectors for its effective functioning. For future research, implementation in pilot projects is suggested to validate and adjust the model as necessary.

Keywords: product-service system; reuse of materials; design for sustainability.

1. Introdução

Embora o setor da construção civil seja um grande impulsionador do desenvolvimento econômico e social, ele também é um dos principais responsáveis pela emissão de CO₂ e pela geração de resíduos no Ambiente Construído, geralmente definido como as estruturas criadas ou modificadas pela ação humana, proporcionando espaços para habitação, trabalho e lazer. A gestão eficiente de recursos, com ênfase na reutilização e reciclagem de materiais residuais, é crucial para reduzir esses impactos e promover a circularidade. Nesse contexto, o designer desempenha um papel fundamental ao desenvolver produtos e sistemas que minimizem o impacto ambiental, contribuindo para transição da Economia Linear (EL) para a Economia Circular (EC) e beneficiando as gerações atuais e futuras. Além disso, o designer deve questionar discursos, ideias e padrões sociais, propondo um design responsável que aborde todas as etapas do desenvolvimento de produtos e serviços (Alencar, Lima e Mendonça, 2023).

Para avaliar a importância do setor de construção, a Câmara Brasileira da Indústria da Construção conduziu um estudo, conforme apresentado por Thives, Ghisi e Júnior (2022), que revela o impacto significativo desse setor na economia e na criação de empregos. De acordo com o estudo, cada real investido na construção de uma nova residência gera um investimento total de R\$ 2,46 na economia do país. Além disso, esse investimento resulta na criação de 18,31 empregos para cada nova unidade habitacional construída. Ainda segundo os autores, a taxa de crescimento acumulada do Produto Interno Bruto (PIB) nacional em 2021 foi de 3,9%, enquanto a do setor de construção civil foi de 5,6%. Esse dado destaca a importância e a relevância desse setor para a economia brasileira.

No contexto da sustentabilidade, atualmente, o setor de construção e demolição enfrenta desafios significativos, uma vez que gera uma série de impactos ambientais que abrangem desde o alto consumo de matérias-primas e energia nas fases de pré-produção, produção, distribuição e consumo, até a geração de resíduos e emissões ao final da vida útil dos materiais. No entanto, este setor também se configura como um campo promissor para a pesquisa e desenvolvimento voltados para a sustentabilidade, especialmente no que tange ao reuso de materiais de construção e demolição. Ainda há muito a ser explorado nesta área, particularmente no contexto brasileiro. Neste artigo, adotamos as definições apresentadas por Potting *et al.* (2017), segundo as quais o reuso é entendido como a reutilização - por um novo usuário - de um item descartado, desde que o item esteja em condições adequadas e ainda desempenhe sua função original.

A prática da reutilização não apenas permite o uso mais eficaz dos recursos naturais, mas também reduz a exploração de novas matérias-primas e diminui a produção de resíduos, evitando que se tornem entulho, uma vez que as cidades se tornariam as próprias fontes de matéria-prima. Dessa forma, como mencionado por Garcia e Capelle (2021) as cidades seriam como "minas urbanas", reduzindo a necessidade de extrair novos recursos naturais. Além disso, outras abordagens inovadoras que viabilizam a prática de reuso podem ser consideradas, como por exemplo o Método Material Passport (MP), mineração urbana e design para desmontagem e reutilização no setor da construção, as quais são apontadas por alguns autores (Andersson e Buser, 2022; Honic *et al.*, 2021; Luciano *et al.*, 2023; Xu *et al.*, 2022) como importantes para promover a circularidade e a sustentabilidade.

A título ilustrativo, o Salão de Design ocorrido em Milão em abril de 2024 apresentou um espaço expositivo abordando o espaço urbano como minas urbanas. Sob a curadoria do estúdio

Mario Cucinella Arquitetos, a instalação denominada “Città Miniera”¹ chama a atenção para as questões da circularidade e da sustentabilidade e todos os materiais disponíveis para reuso e reciclagem nesse espaço urbano em permanente transformação (Figura 1).

Figura 1 – Instalação Città Miniera Mario Cucinella Architects



Fonte: arquivo pessoal dos autores.

Como mencionado, as cidades contemporâneas estão em constante renovação, passando por reformas e demolições, assim como novas edificações. Dessa forma, a demolição de construções não deveria representar o fim do ciclo de vida dos materiais nelas empregados, já que há potencial de reuso em diferentes contextos. Segundo Groba e Blumer (2023), se a construção precisar ser desmontada, deve ser possível reutilizá-la integralmente, assim como reutilizar seus componentes com mínimas modificações ou com a menor perda de material possível. Apenas quando os componentes não permitirem outra reutilização, a reciclagem de seus materiais possibilita um novo uso.

De acordo com Andersen *et al.* (2024), discussões atuais destacam a necessidade de alcançar uma sustentabilidade absoluta no Ambiente Construído, onde “absoluta” indica uma sustentabilidade que não é relativa e requer um planejamento abrangente. Nesse contexto, a recuperação de materiais para reutilização torna-se uma prioridade (Passarelli, 2024), e abordagens de design com foco em reuso, desmontagem ou desconstrução são integradas a essa prática, um dos conceitos fundamentais da EC. Um dos objetivos do design para desmontagem é reduzir o consumo de materiais, os custos e os desperdícios na construção civil, eliminando resíduos que não podem ser reintroduzidos nos ciclos de produção, diminuindo, assim, a interdependência física e simplificando os sistemas (Silva *et al.*, 2020). Para que seja implementado corretamente, segundo Rios, Chong e Grau (2015), é essencial que as estruturas - pré-fabricadas - sejam desenvolvidas de forma a facilitar a desmontagem. Caso contrário, o uso de métodos inadequados pode resultar em

¹ Vídeo ilustrativo. In conversation with Mario Cucinella for his installation 'Città Miniera' at Milan Design Week 2024. 19 de abril de 2024. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=ljoW_RBgreg. Acesso em: 11 de julho de 2024.

danos aos materiais durante o processo, inutilizando alguns componentes.

A prática da reutilização de materiais está intrinsecamente ligada ao design para a sustentabilidade e aos sistemas de produtos-serviços, uma vez que é necessária uma abordagem integrada à gestão de recursos. O conceito de design para a sustentabilidade pode ser definido como uma prática de design, ensino e pesquisa que contribui para a construção de um futuro sustentável e possui três dimensões: ambiental, econômica e social. Isso significa desenvolver soluções que beneficiem as comunidades, a sociedade, o ambiente natural e os sistemas econômicos. Dessa forma, o design pode desempenhar um papel importante rumo à sustentabilidade, pois funciona como um catalisador para estimular e apoiar a inovação em vários níveis, incluindo sistemas de produtos-serviços, organizações sociais e sistemas sociotécnicos (Ceschin e Gaziulusoy, 2020).

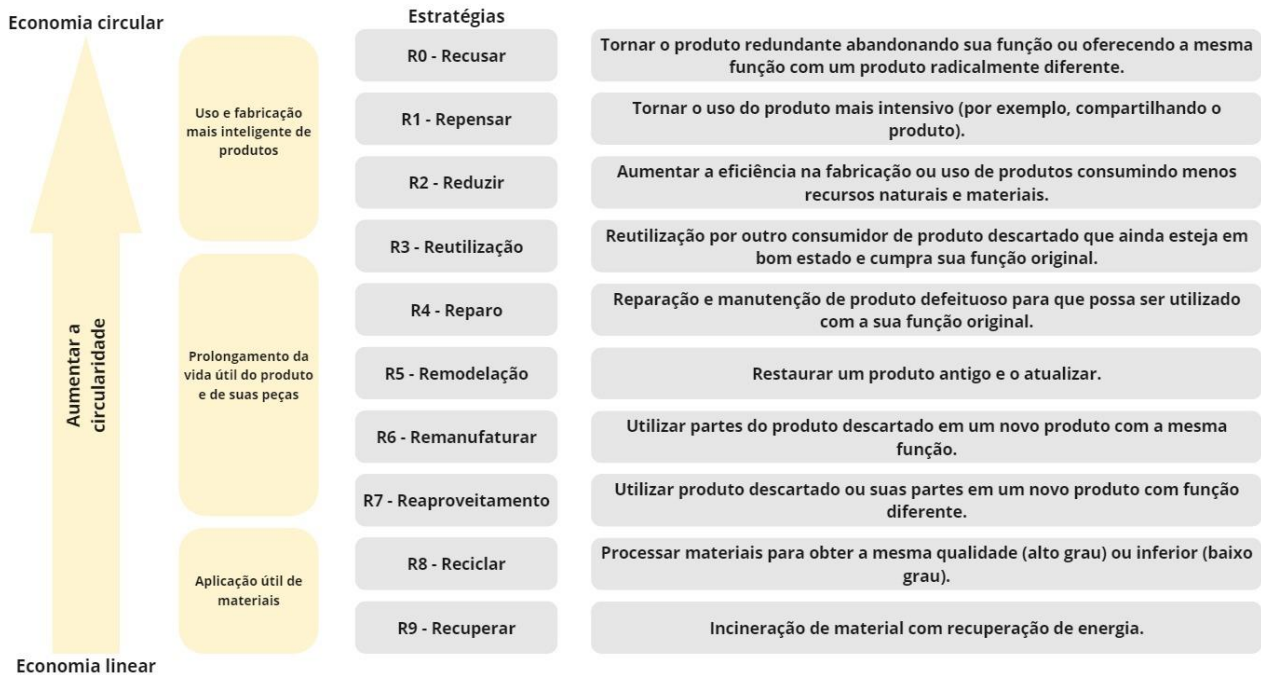
O Sistema Produto-Serviço (PSS)² pode ser definido como uma estratégia de inovação de negócios que oferece um conjunto comercializável de produtos e serviços capazes de, conjuntamente, atender às necessidades e desejos dos clientes. O PSS visa também gerar um impacto ambiental menor se comparado aos modelos de negócios tradicionais, proporcionando maior valor agregado. O foco do PSS consiste na transição do design e venda de produtos físicos isolados para a criação e oferta de um sistema integrado de produtos e serviços (Annarelli, Battistella e Nonino, 2016).

A integração de PSS no design, segundo Teigiserova, Reit e Schraven (2023), é uma abordagem inovadora e holística que visa atender às necessidades dos clientes, otimizar a eficiência dos recursos e promover a sustentabilidade. Incorporando princípios de PSS, as organizações criam soluções abrangentes que incluem produtos e serviços associados. Sarancic *et al.* (2023) destacam também que a análise simultânea de múltiplas estratégias de circularidade no design de PSS é essencial para maximizar impactos positivos e minimizar efeitos adversos. Em vez de aplicar estratégias de EC individualmente, as empresas manufatureiras têm uma maior chance de ampliar a sustentabilidade do seu sistema e construir resiliência combinando essas estratégias e estudando sua influência de forma sistêmica desde as fases iniciais do design. Assim, o design de PSS é importante para a transição para uma EC, incentivando inovação, colaboração entre stakeholders e soluções sustentáveis. Vale destacar que um PSS somente será sustentável se atender aos princípios adequados (uso de matéria-prima e sistema de produção corretos, ciclo de vida compatível, possibilidade de manutenção/repares, entre outros).

Segundo Adams *et al.* (2017), a implementação da EC no setor de construção possibilita um impacto significativamente positivo no meio ambiente, contribuindo também para o avanço tecnológico em outros setores e indústrias. No entanto, a transição de uma EL para o modelo proposto pela EC exige profundas mudanças no desenvolvimento de projetos, novos modelos de negócios, estratégias de desconstrução seletiva, práticas inovadoras nas relações da cadeia de suprimentos e nos regulamentos vigentes. Diante do cenário exposto, é fundamental implementar práticas de gestão de materiais e resíduos de construção e demolição com um foco específico na adoção de estratégias que visem aos 10R (ver Figura 2), ou seja, aos princípios orientados à EC que podem ajudar a promover uma economia mais sustentável e eficiente, sendo eles: recusar, repensar, reduzir, reutilizar, reparar, remodelar, remanufaturar, reaproveitar, reciclar e recuperar (Asante *et al.*, 2022; Potting *et al.*, 2017).

² "PSS" refere-se ao termo em inglês "Product-Service System". O uso deste acrônimo, ao invés do equivalente em português "SPS" (Sistema Produto-Serviço), foi escolhido para manter consistência com a terminologia frequentemente utilizada na literatura internacional sobre o tema.

Figura 2 - A estrutura de 10R



Fonte: adaptado de Kirchherr *et al.* (2017, p. 224).

A partir do exposto, este trabalho tem como objetivo discutir um PSS conceitual do setor de construção civil que visa evitar o desperdício de materiais e reaproveitar a matéria-prima já utilizada e comercializada antes que seja descartada de forma inadequada. Além disso, a proposta do PSS considera aspectos econômicos, tais como a redução de custos com recursos e a criação de um diferencial competitivo para as empresas.

A pesquisa demonstra-se relevante uma vez que se observa uma ascensão de estudos em todo o mundo com relação ao desenvolvimento de novos produtos a partir de resíduos de construção e demolição (RCD), refletindo a crescente consciência ambiental e a urgência de reduzir o desperdício (Czarnecki e Rudner, 2023). Isso enfatiza a importância de acrescentar conhecimentos especializados em construção de edifícios circulares, da reutilização de materiais e da adaptação de materiais de construção para novas áreas de uso (Knoth, Fufa e Seilskjær, 2022).

Estudos de caso realizados na Alemanha, na Holanda, na Polônia e na Dinamarca apresentados por Kozminska (2019) mostram que soluções circulares, inclusive com materiais reutilizados no setor da construção civil, estão sendo desenvolvidas com sucesso. Segundo o autor, os materiais provenientes da construção civil destinados ao reuso e os princípios do design para desmontagem estão sendo implementados em novos projetos arquitetônicos em andamento. Estes avanços ocorrem a despeito de vários desafios de infraestrutura, planejamento, jurídicos, sociais, ambientais e econômicos surgidos durante o processo de concepção e construção não padronizado e iterativo, exigindo conhecimentos, estratégias e métodos específicos (Dokter, Thuvander e Rahe, 2021).

Além disso, o estudo aqui proposto se justifica pelo seu possível impacto positivo nas cidades e na sociedade, visto que seu caráter transformador por meio de práticas circulares pode contribuir para várias metas dos 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) estabelecidos pela ONU até 2030. Nesse caso, destacam-se os ODS 8 (trabalho decente e crescimento econômico), ODS 9 (construir infraestruturas resilientes, promover a industrialização inclusiva e sustentável e fomentar

a inovação), ODS 11 (eficiência de recursos e a redução do impacto ambiental per capita nas áreas urbanas, incluindo a gestão de resíduos) e ODS 12 (assegurar padrões de consumo e produção sustentáveis) (Condotta e Zatta, 2021). Assim, as pesquisas com enfoque em estratégias circulares para a construção civil, ainda que de forma exploratória, dão suporte à construção de ambientes mais seguros, economicamente viáveis e que atendem aos múltiplos ODS (Fundação Ellen MacArthur, 2021).

2. Sistemas Produto-Serviço (PSS): conceitos e aplicações

Vários centros de pesquisa em design estão redefinindo o debate sobre design para sustentabilidade, partindo de uma interpretação mais criteriosa do conceito de sustentabilidade ambiental que requer descontinuidade sistêmica nos padrões de produção e consumo. Um modelo de desenvolvimento sustentável deve ser baseado em três principais pilares: gestão ambiental responsável, crescimento econômico e melhoria social.

Isso levou a discussões sobre métodos para inovação de sistema (Vezzoli *et al.*, 2018) e um modelo promissor para essa transição é o dos Sistemas Produto-Serviço (PSS). Os PSS são estratégias projetadas para estender o ciclo de vida de produtos, que podem ocorrer em três categorias:

1. PSS orientado ao produto: foco na oferta de serviços que apoiam o uso e a manutenção de um produto. Por exemplo, serviços de manutenção, reparo e atualização de um produto.

2. PSS orientado ao uso: sistema projetado para fornecer acesso a um produto, em vez de sua posse. Isso pode incluir aluguel, leasing ou compartilhamento de produtos, em que os clientes têm acesso temporário ao produto, em vez de adquiri-lo permanentemente.

3. PSS orientado ao resultado: foco nos resultados e benefícios obtidos pelo cliente, em vez do produto em si. Por exemplo, em vez de vender lâmpadas, o sistema pode oferecer iluminação como serviço, garantindo um determinado nível de iluminação em vez de vender a lâmpada em si.

A implementação do PSS pode servir como uma estrutura facilitadora (Blomsma *et al.*, 2018) para implementar a EC no Ambiente Construído. Vem sendo desenvolvida e aplicada em vários países europeus (Cruz Rios e Grau, 2020) e requer uma profunda e sistêmica reorganização técnico-produtiva, além de mudanças nos comportamentos e hábitos do consumidor. Por outro lado, ao criar condições para a maior ecoeficiência dos produtos e serviços, sua adoção pode resultar em uma redução significativa do impacto ambiental causado pelo consumo e pela produção (Sampaio *et al.*, 2018). Se forem adequadamente concebidos, podem apoiar a desmaterialização da economia além de proporcionar vantagens econômicas e competitivas (Ceschin, 2014; Goedkoop, 1999; Mont, 2002; UNEP, 2002).

No entanto, é importante considerar cuidadosamente a implementação do PSS, pois o sistema deve ser projetado de forma a minimizar seus efeitos ambientais, uma vez que a simples ideia de que o desenvolvimento de PSS criará automaticamente um ambiente econômico favorável para todos também parece ser um mito (Tukker, 2004). Conforme Micheline *et al.* (2017), embora existam três tipos diferentes de PSS, a categoria orientada para resultados tem se mostrado como principal para melhorar a circularidade e a eficiência de recursos.

3. Estudo de um PSS para reuso no setor da construção civil

A abordagem adotada neste trabalho parte da premissa de que um PSS, devido à sua natureza sistêmica, pode proporcionar resultados eficazes em termos de desenvolvimento sustentável. Neste artigo, que consiste em um estudo exploratório sobre um PSS voltado ao setor de construção civil, reflete-se sobre os resultados de um projeto conceitual desenvolvido como

produto final da disciplina Design de Sistemas Produto-Serviço, ministrada no primeiro semestre de 2023, no curso de design da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo & Design da Universidade Federal de Uberlândia. Essa disciplina foi direcionada aos alunos de graduação com participação da discente de mestrado Roberta Sales Domingues como ouvinte.

Para a construção do referencial teórico e desenvolvimento da proposta, a disciplina promoveu leituras e seminários sobre o tema do design para a sustentabilidade³, com foco nas tipologias de sistemas produto-serviço bem como a análise de contextos locais para intervenção. Foram também promovidas reflexões sobre os objetivos do desenvolvimento sustentável e o alinhamento das soluções possíveis para responder a um ou mais objetivos.

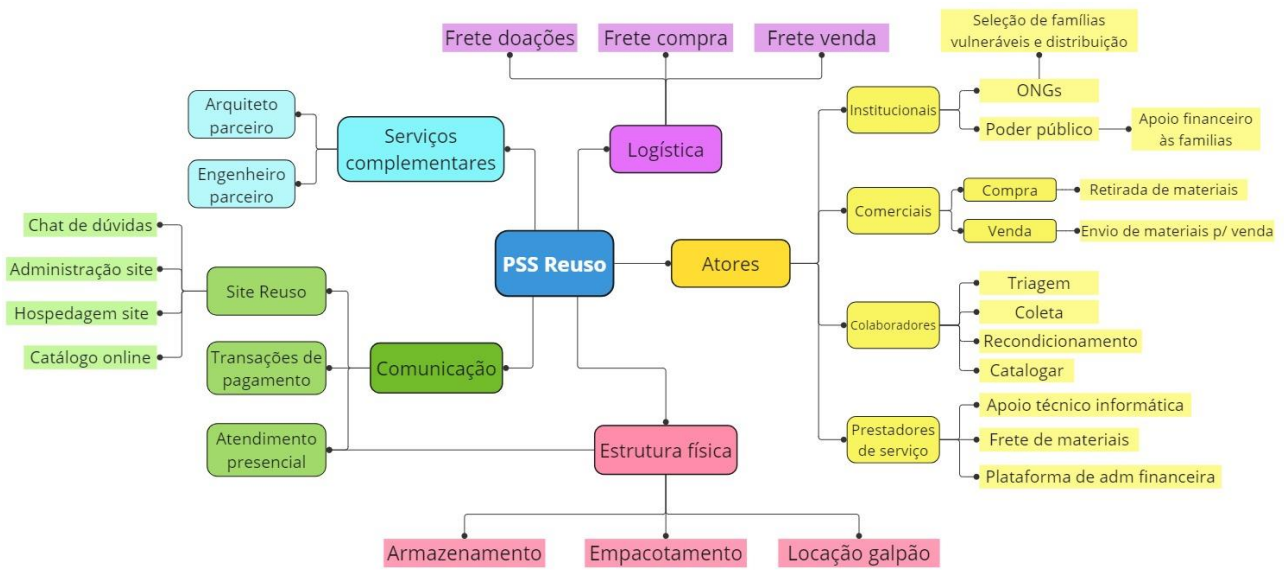
O projeto conceitual trata-se de um PSS orientado para o uso, cujo sistema propicia a compra, venda e doação de materiais oriundos de obras de construção, reforma e/ou demolição. Como o enfoque dessa modalidade de PSS é a maximização da utilização dos produtos e a extensão da vida útil, estas deverão ocorrer por meio do serviço de triagem e venda e/ou doação de materiais oriundos de obras de construção e demolição.

Para o desenvolvimento desse Sistema Produto-Serviço foram empregadas as seguintes ferramentas de design: mapa mental, análise SWOT, *Blueprint* de serviço e *System Map*. Primeiramente, o mapa mental é elaborado com a associação de palavras e ideias ou conceitos, vinculando-os ao problema principal, localizado no centro do mapa. Cada nova palavra torna-se o centro de um novo mapa, ampliando a visualização das conexões entre as partes envolvidas. Já a análise SWOT (*Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats*) é uma análise estratégica realizada para avaliar as forças e fraquezas internas e as oportunidades e ameaças externas da organização estudada. O *Blueprint* de serviço, por sua vez, é um diagrama completo utilizado para criar novos serviços e/ou melhorar serviços existentes, com a classificação dos usuários envolvidos e suas ações específicas. Por fim, o *System Map* é utilizado para sintetizar graficamente os atores envolvidos no sistema e as interações entre eles, identificando os fluxos de materiais, produtos, informações e também financeiro.

O problema a ser resolvido por meio do PSS foi inicialmente definido em uma sessão em grupo onde, após uma pesquisa exploratória sobre questões pertinentes à construção civil, identificou-se altos índices de perdas durante o processo construtivo e a ausência de uma cultura de reutilização no Brasil. Uma revisão de literatura prévia sobre a situação do reuso no país também foi realizada por uma das alunas participantes do grupo em sua pesquisa de mestrado. Após definir o problema, procedeu-se com o mapa mental (ver Figura 3) para facilitar a compreensão das informações e componentes do Sistema. Essa etapa foi extremamente relevante para explorar de forma ampla sobre o escopo do problema e organizar as ideias sobre o sistema.

³ O principal material didático utilizado foi a série de livros da Editora Insight, sendo: Sistema produto-serviços sustentável: fundamentos (Vezzoli *et al.*, 2018); Design para a sustentabilidade: dimensão ambiental (Sampaio *et al.*, 2018) Design para a sustentabilidade: dimensão econômica (Santos *et al.*, 2019) e Design para a sustentabilidade: dimensão social (Santos *et al.*, 2019).

Figura 3 - Mapa mental



Fonte: elaborado pelos autores.

Na sequência, trabalhou-se com a análise SWOT (Figura 4) para identificar as Forças e Fraquezas internas, bem como as Oportunidades e Ameaças externas, com o intuito de auxiliar no planejamento do PSS.

Figura 4 - Análise SWOT

	Fatores positivos	Fatores negativos
Fatores internos	<p>Forças</p> <ul style="list-style-type: none"> • Conexões em redes com atores de reuso fortalecendo a economia local; • Facilita a utilização de reuso por parte de atores de projeto e construção. 	<p>Fraquezas</p> <ul style="list-style-type: none"> • Possíveis desafios de regulamentação em relação ao reuso de materiais; • Necessidade de conscientização das empresas responsáveis por demolições para detectar itens a serem reutilizados.
Fatores externos	<p>Oportunidades</p> <ul style="list-style-type: none"> • Potencial de parcerias com empresas de construção para incorporar práticas de reuso em seus processos tanto para triagem de elementos recuperados quanto reuso nas novas construções • Aumento da demanda por construções ecológicas e sustentáveis por parte de consumidores e empresas, criando um mercado maior para materiais reutilizados. 	<p>Ameaças</p> <ul style="list-style-type: none"> • Custos dos transportes para a logística dos materiais reutilizados; • Custo da mão de obra para desconstrução.

Fonte: elaborada pelos autores.

A partir da detecção dos pontos verificados na análise SWOT, foi elaborado o *Blueprint* de serviços (Figura 5 e Figura 6) para auxiliar no mapeamento dos processos internos envolvidos no sistema, além de entender a jornada dos *stakeholders* envolvidos. Para melhor compreensão das diferentes jornadas de usuários, foram desenvolvidos dois *blueprints*: um para os usuários

envolvidos em processos de compra e venda e outro para aqueles focados em doações, cada um detalhando as ações e etapas específicas desses grupos.

Figura 5 - *Blueprint* de jornada do usuário de compra e venda

Fases do cliente	Busca para compra de materiais		Venda de materiais		Compra de materiais		Aprovação de Compra		Retirada	
Evidência física	Site	Loja física	Site	Loja física	Site	Loja física	Site	Loja Física	Site	Loja física
Ação Cliente 1	Acessar itens à venda no site	Visitar loja física	Solicitar venda de itens no site	Levar produtos para triagem	Colocar produtos no carrinho	Escolher produtos	Receber nota fiscal online	Receber nota fiscal física	Solicitar transporte/ retirada no galpão	Retirar produtos
Tecnologia visível		Galpão		Balcão de atendimento		Galpão		Caixa		Doca
Ações Visíveis (com contato direto) 1	Atender chat	Atender cliente		Atender cliente		Direcionar cliente ao caixa	Enviar email com nota fiscal	Entregar nota fiscal ao cliente	Agendar transporte ou retirada	Entregar produtos
Ações com Contato Indireto (invisíveis)	Conferir informações para atendimento do chat	Organizar estoque	1. Triar 2. Disponibilizar materiais no sistema	1. Triar 2. Recondicionar 3. Organizar estoque	1. Receber pedido 2. Separar material no estoque	1. Separar material no estoque 2. Embalar pedido	1. Emitir nota fiscal 2. Atualizar sistema	1. Emitir nota fiscal 2. Atualizar sistema	Enviar solicitação de transporte (se solicitado)	Atualizar retirada no sistema
Linhas de interação interna										
Suporte	Plataforma de chat do site		Plataforma de hospedagem de catálogo online do site	Loja de ferragens e ferramentas	Estoque de materiais	Estoque de materiais	Sistema de emissão de notas fiscais	Sistema de emissão de notas fiscais	Empresa de transporte	Sistema de registro de retirada de produtos

Fonte: elaborada pelos autores.

Figura 6 - *Blueprint* de jornada do usuário de doações

Fases do cliente	Cadastro para ser família apta às doações		Cadastro de solicitação de materiais doados		Cadastro de material para doação		Aprovação para retirar material doado		Retirada	
Evidência física	Site	Loja física	Site	Loja física	Site	Loja física	Site	Loja Física	Site	Loja física
Ação Cliente 2	Preencher formulário de cadastro no site	Preencher formulário impresso	Preencher formulário no site	Preencher formulário impresso	Enviar informações para cadastro de material no site	Transportar materiais para cadastro de doação	Receber voucher de aprovação de material	Receber voucher de retirada de material	Solicitar transporte/ retirada no galpão	Retirar materiais com colaborador
Tecnologia visível		Balcão de atendimento		Balcão de atendimento		Balcão de atendimento		Caixa		Doca
Ações Visíveis (com contato direto) 2	Atender chat	Atender demanda cliente	Cadastrar informações de demanda realizada no site	Checar informações de produtos disponíveis para doações		Receber materiais de doação	Enviar email para agendar retirada	Organizar materiais para retirada	Organizar logística de transporte/retirada	Entregar materiais ao cliente
Ações com Contato Indireto (invisíveis)	Trocar informações com ONG sobre famílias cadastradas	Organizar estoque de itens para doação	Checar disponibilidade de materiais solicitados no estoque	Checar materiais para doação no estoque	Cadastrar informações de materiais para doações no site	1. Organizar materiais de doação no estoque 2. Cadastrar informações no site	Atualizar sistema com família beneficiada e material doado	Atualizar sistema de família beneficiada e material doado	1. Solicitar frete de transporte 2. Embalar produtos 3. Dar baixa no sistema	Atualizar retirada no sistema
Linhas de interação interna										
Suporte	ONGs na triagem das famílias		Apoio financeiro do poder público para financiar materiais		Plataforma de hospedagem de catálogo online no site	Plataforma de hospedagem de catálogo online no site	ONGs para atualização de famílias atendidas	Sistema de emissão de notas fiscais	Empresa de transporte	Sistema de registro de retirada de produtos

Fonte: elaborada pelos autores.

Ao longo da elaboração dos *blueprints* de jornada dos usuários, foram identificados quatro *pain points* (PP), sendo:

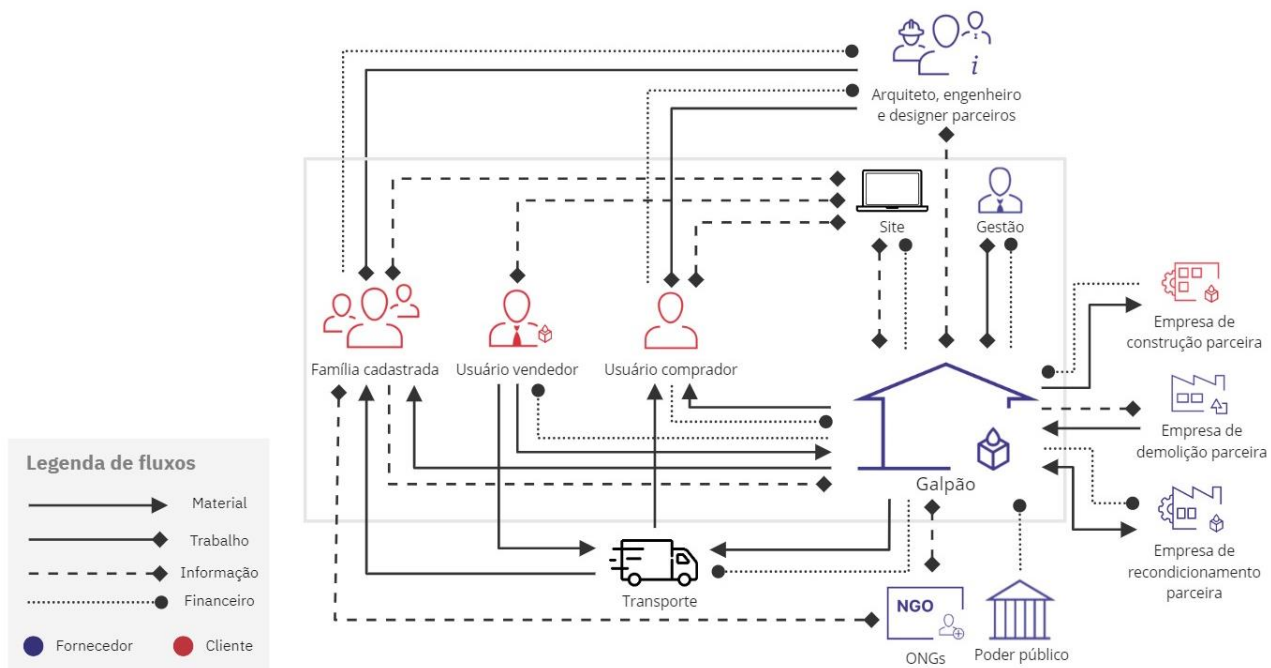
- Um PP no *blueprint* do usuário de compra e venda: PP1: Se o material triado não atender aos requisitos necessários para o acondicionamento, este deverá ser armazenado para ser encaminhado ao processo de reciclagem;

- Três PP no *blueprint* do usuário de doações, denominados: PP2: Os materiais para doação de forma *online* precisam ser triados e acondicionados pelo usuário antes de serem encaminhados para a doação; PP3: Os materiais para doação de forma física precisam ser triados e acondicionados pelo usuário antes de serem levados para a doação; PP4: Depende da disponibilidade financeira de ONGs ou do poder público para repasse da verba para a doação dos materiais às famílias cadastradas.

Os pontos indicados sinalizam aspectos de aprofundamento para melhoria, visando uma possível implementação futura do PSS proposto.

Na sequência, foi elaborado o *System Map* (ver Figura 7), englobando os atores presentes no sistema produto-serviço desenvolvido, assim como os agentes externos ao sistema.

Figura 7 - *System Map* do PSS conceitual



Fonte: elaborado pelos autores.

O modelo de PSS proposto para o reuso de materiais é estruturado de maneira integrada e sequencial, operando em ciclos interconectados. A primeira etapa envolve a coleta e a triagem de materiais descartados em locais de demolição ou reforma. Empresas especializadas são responsáveis por coletar esses materiais e transportá-los para o galpão, onde são triados e classificados por categoria e tipo.

Após a triagem, os materiais aptos para venda são catalogados. Aqueles que necessitam de acondicionamento são processados por colaboradores no galpão para garantir sua segurança e funcionalidade. Uma vez acondicionados, esses materiais são inseridos em um sistema de catalogação, disponível online e fisicamente, proporcionando aos construtores, arquitetos, engenheiros, designers e ao público em geral o acesso a informações detalhadas sobre as especificações, preço e disponibilidade dos materiais.

O PSS opera através de uma plataforma digital que facilita a interação entre fornecedores de materiais reutilizáveis e consumidores, incluindo profissionais do setor de construção civil. Esta plataforma não apenas lista os materiais disponíveis, mas também oferece serviços adicionais, como consultoria e suporte técnico por parte de engenheiros, arquitetos e designers parceiros, visando incentivar e facilitar o uso de materiais reutilizados.

No âmbito social, o PSS facilita a interação entre famílias em situação de vulnerabilidade que estão construindo ou planejam construir suas próprias casas, e entidades como ONGs e o setor público. Neste arranjo, o governo desempenha um papel crucial ao financiar os materiais doados às famílias, que são cadastradas e acompanhadas pelas ONGs. Estas organizações são responsáveis por intermediar o cadastro das famílias no sistema de reuso e, após a aprovação dos fundos, prover suporte financeiro para a aquisição dos materiais. Além disso, o sistema permite doações diretas de materiais por proprietários, sendo que o PSS coordena o transporte dos materiais até as famílias, que são submetidas a uma triagem (com apoio das ONGs) antes de receberem as doações.

O sistema inclui também opções de transporte e logística (feitos por colaboradores terceirizados) para coletar e entregar os materiais diretamente nos locais de construção. O modelo mostra-se financeiramente sustentável por meio de vendas de materiais e serviços adicionais, criando um fluxo de receita contínuo e promovendo práticas de construção sustentáveis, ao reduzir o desperdício de materiais e a necessidade de extração de novos recursos.

A eficácia do sistema depende do engajamento de todos os *stakeholders*, incluindo o setor público local e organizações ambientais, para estabelecer parcerias e incentivos que promovam a adoção do reuso de materiais na construção civil. A colaboração entre os diferentes agentes é crucial para que o sistema não apenas funcione de forma eficiente, mas também contribua para o alcance das metas dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) e a redução de impactos ambientais no setor da construção.

4. Discussão

O modelo conceitual de sistema produto-serviço (PSS) proposto neste estudo foi projetado com o objetivo de promover o reuso de materiais de construção e demolição por meio das ferramentas de design: mapa mental, análise SWOT, *Blueprint* de serviço e *System Map*. Buscou-se, então, integrar práticas sustentáveis na construção civil por meio do reuso de materiais, alinhando-se com a literatura que destaca a importância da prática do reuso e dos sistemas produto-serviço na transição para uma Economia Circular (EC). Ao considerar a maximização da utilização de produtos e a extensão de sua vida útil, o PSS proposto reflete a preocupação com a redução de resíduos e a promoção da sustentabilidade, princípios fundamentais abordados nas teorias de design para a sustentabilidade e sistemas produto-serviço (PSS).

Ao analisar as potencialidades do modelo de PSS conceitual proposto, destaca-se sua capacidade de transformar o setor de construção em direção a práticas mais sustentáveis e circulares, com o Ambiente Construído sendo fonte de matéria-prima, como indicado por Garcia e Capelle (2021). Embora o modelo não tenha sido implementado em um contexto real, a análise teórica sugere que sua aplicação poderia resultar em uma redução substancial na quantidade de resíduos gerados e permitir uma reutilização significativa de materiais que, de outra forma, seriam descartados. A reintegração de materiais de construção e demolição na cadeia produtiva potencializada por práticas do design para desmontagem (Groba e Blumer, 2023), e realizada por meio de serviços de triagem e venda/doação, representa uma oportunidade significativa para reduzir o desperdício e promover a reutilização de recursos. Dessa forma, diversos componentes e materiais, como: esquadrias, louças, metais e revestimentos, poderiam ser efetivamente

reintegrados à cadeia construtiva, destacando a potencial funcionalidade e eficácia do modelo.

Do ponto de vista econômico, estima-se que, se implementado, o modelo PSS pode oferecer benefícios significativos para o usuário de compra e venda, uma vez que a maneira de encontrar os materiais de reuso que necessita será facilitada e melhor estruturada por meio do site. Além disso, o PSS proposto tem o potencial também de promover o emprego local por meio da contratação de profissionais terceirizados e da parceria com profissionais e empresas externas. Entende-se que os participantes poderiam expressar satisfação com a qualidade dos materiais reutilizados e mostrarem-se favoráveis a adotar práticas de reuso em projetos futuros, uma vez que, apesar da demanda, o reuso em muitas cidades brasileiras é feito de maneira informal em redes sociais e "ferro velho" de maneira não facilitada e coordenada. Essa informalidade limita significativamente o potencial de busca e organização de materiais, que poderia ser mais efetivo se estruturado de forma sistemática através de modelos como o PSS aqui apresentado.

Dessa forma, implementar um sistema formalizado poderia não apenas aumentar a eficiência, mas também melhorar a confiança e a regularidade na oferta de materiais reutilizados. Além disso, a formalização das práticas de reuso poderia facilitar a integração com políticas de sustentabilidade locais e nacionais e aumentar o engajamento de uso desses materiais por profissionais de projeto, como arquitetos, designers e engenheiros.

No entanto, é importante reconhecer as limitações do modelo, como a necessidade de engajamento de diversos stakeholders e a adaptação às especificidades locais, o que pode representar desafios operacionais durante a implementação em larga escala. Questões logísticas, capacitação de todos os colaboradores para triagem, acondicionamento e catalogação dos materiais e o risco da falta de materiais disponibilizados para venda, são outros pontos a serem trabalhados, uma vez que esses materiais dependem da desmontagem ou desconstrução seletiva por parte dos usuários, evidenciando a necessidade da ampliação da prática de design para desmontagem, com a pré-fabricação de peças e componentes planejados para esse processo, como indicado em Rios, Chong e Grau (2015). Outro ponto a destacar é em relação ao âmbito social, que depende de ONGs e de políticas públicas para que possa se manter em funcionamento. Essas limitações ressaltam a importância de realizar projetos-piloto para validar e ajustar o modelo conforme necessário, visando sua eficácia e sustentabilidade a longo prazo.

No Brasil, o reuso (e a reciclagem) na arquitetura ainda são práticas pouco desenvolvidas e carecem de regulamentações específicas na construção civil. Contudo, existem iniciativas notáveis como a Arquivo SSA em Salvador, que tem como foco a promoção, a desmontagem e a implementação do reuso de materiais na construção civil. A iniciativa não só facilita o acesso a materiais de reuso, mas também promove educação e conscientização sobre as práticas de construção sustentável entre profissionais e comunidade. Além disso, colabora na criação de redes entre fornecedores, construtores e designers para fortalecer o mercado de materiais reutilizados, demonstrando o potencial de transformação do setor de construção em direção a uma economia mais circular e responsável.

Na prática profissional, facilitar o acesso a materiais de reuso para projetistas pode encorajar sua inclusão em projetos. Tradicionalmente, a concepção de um projeto é guiada pela disponibilidade de materiais no mercado; porém, a utilização de materiais reutilizados subverte essa lógica, exigindo que os projetos se adaptem aos materiais disponíveis para reuso. Esta inversão da ordem projetual reflete uma adaptação significativa na metodologia de projeto, especialmente no Brasil, onde a reutilização muitas vezes se torna necessária devido a limitações socioeconômicas, sobretudo em famílias de baixa renda.

Na Europa, a prática de reuso tem sido integrada em projetos de larga escala e alta complexidade técnica, como pode ser exemplificado pelo edifício do Conselho da União Europeia, do escritório *Samyn and Partners*⁴. Este edifício é composto por um mosaico de mais de 3000 janelas de madeira de reuso provenientes de diversos países europeus. Este elemento não só exemplifica um compromisso com práticas sustentáveis como também atua como uma expressão tanto prática quanto filosófica do reuso de materiais. Além disso, a fachada celebra a rica diversidade cultural da Europa, enfatizando o papel da arquitetura em refletir e preservar as heranças culturais através da reutilização.

5. Considerações finais

Em síntese, enquanto ainda conceitual, o modelo PSS para reuso de materiais aqui proposto demonstra um potencial significativo para transformar o setor de construção em direção a práticas mais sustentáveis e circulares. As percepções deste estudo oferecem uma base para futuras pesquisas sistêmicas e possíveis implementações em diferentes escalas, ressaltando a importância de adaptações para superar os desafios operacionais identificados. Nota-se também que o tema de estudo ainda é pouco explorado no Brasil, uma vez que durante a revisão de literatura não foram encontrados sistemas similares ao apresentado neste trabalho.

Para pesquisas futuras, sugere-se a execução de projetos-piloto em menor escala para validar e ajustar o modelo conforme necessário. Demonstra-se que o modelo é replicável e pode ser adaptado e implementado em diversas cidades, levando em consideração as especificidades e necessidades locais. A adaptabilidade do modelo permite que ele seja ajustado conforme os recursos disponíveis, as regulamentações locais e as características culturais e econômicas de cada região. Isso sugere um potencial significativo para a disseminação de práticas de reuso através da aplicação desse PSS, promovendo não apenas a conservação de recursos, mas também a integração social e econômica em diferentes contextos urbanos. Como aprofundamento, sugere-se também a investigação do impacto ambiental comparativo entre o emprego de materiais novos e reutilizados, por meio de análises de ciclo de vida, e indicadores de sustentabilidade para quantificar os resultados.

Para efetivar a adoção de práticas de reuso de materiais, é crucial que políticas públicas incentivem tais práticas, assegurando suporte regulatório e incentivo financeiro para tais iniciativas. As políticas públicas e organizações não governamentais (ONGs) desempenham um papel vital no apoio e promoção do uso de sistemas produto-serviço (PSS) voltados ao reuso, e devem considerar a expansão dessas práticas para outros setores econômicos que possam se beneficiar da sustentabilidade incrementada por essa prática. Para isso, a aceitação do modelo de reuso por diferentes públicos e o desenvolvimento de tecnologias que facilitem sua implementação são passos fundamentais.

6. Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com o apoio da agência de fomento Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais - FAPEMIG. Agradecimento aos discentes da disciplina Design de Sistemas Produto-Serviço, em especial aos alunos Gabriela Machado Mendes, Karina Araújo Choquetta e Matheus Oliveira Silva cujas contribuições e colaborações foram fundamentais.

⁴ SAMYN AND PARTNERS. EUROPA - New headquarters of the Council of the European Union. Disponível em: <https://samynandpartners.com/portfolio/europa-new-headquarters-of-the-council-of-the-european-union/>. Acesso em: 11 de julho de 2024.

7. Referências

- ADAMS, K. T. *et al.* **Circular economy in construction: Current awareness, challenges and enablers.** Proceedings of Institution of Civil Engineers: Waste and Resource Management, v. 170, n. 1, p. 15–24, 1 fev. 2017.
- ALENCAR, M.; LIMA, C.; MENDONÇA, R. **A Contribution of Design to the Waste Problem Generated by the Construction Industry.** Convergências: Revista de Investigação e Ensino das Artes, v. 16, n. 32, p. 15–23, 30 nov. 2023.
- ANDERSEN, S. C. *et al.* **Ten questions concerning absolute sustainability in the built environment.** Building and Environment, n. 251, 2024.
- ANDERSSON, R.; BUSER, M. **From waste to resource management?** Construction and demolition waste management through the lens of institutional work. Construction Management and Economics, v. 40, n. 6, p. 477–496, 2022.
- ANNARELLI, A.; BATTISTELLA, C.; NONINO, F. **Product service system: A conceptual framework from a systematic review** Journal of Cleaner Production. Elsevier Ltd, 15 dez. 2016.
- ASANTE, R. *et al.* **Life cycle stage practices and strategies for circular economy: assessment in construction and demolition industry of an emerging economy.** Environmental Science and Pollution Research, v. 29, n. 54, p. 82110–82121, 1 nov. 2022.
- BLOMSMA, F. *et al.* **Exploring Circular Strategy Combinations - Towards Understanding the Role of PSS.** Procedia CIRP. Anais...Elsevier B.V., 2018.
- CESCHIN, F. **Sustainable product-service systems: between strategic design and transition studies.** Série: SpringerBriefs in applied sciences and technology. PoliMI SpringerBriefs. Cham: Springer, 2014.
- CESCHIN, F; GAZIULUSOY, I. **Design for Sustainability.** A Multi-level Framework from Products to Socio-technical Systems. Routledge Taylor & Francis Group: London and New York. 2020. Disponível em: <https://www.taylorfrancis.com/books/oa-mono/10.4324/9780429456510/design-sustainability-fabrizio-ceschin-id-il-gaziulusoy>.
- CONDOTTA, M.; ZATTA, E. **Reuse of building elements in the architectural practice and the European regulatory context: Inconsistencies and possible improvements.** Journal of Cleaner Production, v. 318, 10 out. 2021.
- CRUZ RIOS, F.; GRAU, D. **Circular Economy in the Built Environment: Designing, Deconstructing, and Leasing Reusable Products.** In: Encyclopedia of Renewable and Sustainable Materials: Volume 1-5. Elsevier, 2020. v. 1–5p. 338–343.
- CZARNECKI, S.; RUDNER, M. **Recycling of Materials from Renovation and Demolition of Building Structures in the Spirit of Sustainable Material Engineering.** Buildings, v. 13, n. 7, 1 jul. 2023.
- DOKTER, G.; THUVANDER, L.; RAHE, U. **How circular is current design practice?** Investigating perspectives across industrial design and architecture in the transition towards a circular economy. Sustainable Production and Consumption, v. 26, p. 692–708, 1 abr. 2021.
- FUNDAÇÃO ELLEN MACARTHUR. **Objetivos universais de políticas para economia circular: viabilizando uma transição em larga escala.** In: ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2023 (<http://www.ellenmacarthurfoundation.org>).
- GARCIA, E.; CAPELLE, A. **Urban Mine Inc.** In: Rotor, 2023 (<https://rotordb.org/en>). Acesso em: 11

jul. 2024.

GOEDKOOP, M. J.; VAN HALEN, C. J. G.; RIELE, H. R. M.; ROMMENS, P. J. M. **Product Service Systems, ecological and economic basics**. Relatório. Países Baixos: Dutch Ministries of Environment and Economic Affairs, 1999. Disponível em: <<https://www.researchgate.net/publication/293825611>>. Acesso em: 11 jul. 2024.

GROBA, U.; BLUMER, S. **RE:SOURCE PAVILION - EXPLORING THE CIRCULAR USE OF WOODEN BUILDING MATERIALS**. 13th World Conference on Timber Engineering, WCTE 2023. Anais...World Conference on Timber Engineering (WCTE), 2023.

HONIC, M. *et al.* **Material Passports for the end-of-life stage of buildings**: Challenges and potentials. Journal of Cleaner Production, v. 319, 15 out. 2021.

KNOTH, K.; FUFA, S. M.; SEILSKJÆR, E. **Barriers, success factors, and perspectives for the reuse of construction products in Norway**. Journal of Cleaner Production, v. 337, 20 fev. 2022.

KOZMINSKA, U. **Circular design**: Reused materials and the future reuse of building elements in architecture. Process, challenges and case studies. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Anais...Institute of Physics Publishing, 25 fev. 2019.

LUCIANO, A. *et al.* **The building stock as an urban mine**: The case of the circular regeneration of disused buildings. Sustainable Chemistry and Pharmacy, v. 33, 1 jun. 2023.

MICHELINI, G. *et al.* **From Linear to Circular Economy**: PSS Conducting the Transition. Procedia CIRP. Anais...Elsevier B.V., 2017.

MONT, O. K. **Clarifying the concept of product-service system**. Journal of Cleaner Production, v. 10, p. 237–245, 2002.

PASSARELLI, R. N. **Design for Disassembly and Reuse of Timber in Construction**: Identification of Trends and Knowledge Gaps. *Em*: Creating a Roadmap Towards Circularity in the Built Environment, Springer Tracts in Civil Engineering. Springer Science and Business Media Deutschland GmbH, 2024. p. 57–67.

POTTING, J. *et al.* **Circular economy**: Measuring innovation in the product chain, 2017.

RIOS, F. C.; CHONG, W. K.; GRAU, D. **Design for Disassembly and Deconstruction - Challenges and Opportunities**. Procedia Engineering. Anais...Elsevier Ltd, 2015.

SAMPAIO, C. P. DE S. *et al.* **Design para a sustentabilidade**: dimensão ambiental. Curitiba, PR: Insight, 2018.

SARANCIC, D. *et al.* **Impacts, synergies, and rebound effects arising in combinations of Product-Service Systems (PSS) and circularity strategies**. Procedia CIRP. Anais...Elsevier B.V., 2023.

SILVA, M. F. *et al.* **Recyclable architecture**: Prefabricated and recyclable typologies. Sustainability (Switzerland), v. 12, n. 4, 2020.

TEIGISEROVA, D. A.; REIT, C. A. J.; SCHRAVEN, D. F. J. **Does PSS help to increase circularity?** A framework for the circular design process and case study of five pilots in the Dutch infrastructure sector. Resources, Conservation and Recycling, v. 199, 1 dez. 2023.

THIVES, L. P.; GHISI, E.; JÚNIOR, J. J. T. **An outlook on the management of construction and demolition waste in Brazil**. Cleaner Materials, v. 6, 1 dez. 2022.

TUKKER, A. **Eight types of product-service system**: Eight ways to sustainability? Experiences from suspronet. Business Strategy and the Environment, v. 13, n. 4, p. 246–260, jul. 2004.

VEZZOLI, C. *et al.* **Sistema Produto + Serviço Sustentável: Fundamentos.** Curitiba, PR: Insight, 2018.

XU, J. *et al.* **Recycling and reuse of construction and demolition waste: From the perspective of national natural science foundation-supported research and research-driven application.** Case Studies in Construction Materials, v. 16, 1 jun. 2022.