

# Logística Reversa: Modelagem Baseada em Lógica Fuzzy para o *E-commerce*

Eduardo V. Sampaio <sup>1</sup>, Maria Clicia Stelling de Castro <sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Matematica e Estatística  
Universidade Estadual do Rio de Janeiro  
Rio de Janeiro – RJ – Brazil

eduardo.evs@outlook.com, clicia@ime.uerj.br

**Abstract.** *Processes of the whole production chain impact directly on the environment, society, and economy. Reverse logistics is related to return, recycling, and product waste disposal, among other actions. This paper presents some Brazilian problems of the reverse logistic process and proposes a computational model of the problem implemented through the fuzzy library in Matlab. The results show that it is possible to obtain reverse logistics even with less profits.*

**Resumo.** *Os processos de toda a cadeia produtiva têm um impacto direto no meio ambiente, na sociedade e na economia. A logística reversa está relacionada ao retorno, reciclagem, descarte de resíduos de produtos, entre outras ações. Este artigo apresenta alguns problemas do processo logístico reverso brasileiro e propõe um modelo computacional do problema implementado através da biblioteca fuzzy no Matlab. Os resultados mostram que é possível obter uma logística reversa mesmo que obtenha um lucro reduzido.*

## 1. Introdução

A logística reversa pode ser caracterizada como a coleta e reciclagem de produtos e resíduos após serem consumidos pelos clientes. No contexto do *e-commerce*, ela está relacionada à troca ou devolução de mercadorias adquiridas pela internet [Leite 2009]. É importante ressaltar que esse mercado vem crescendo rapidamente, recebendo atenção especial após a pandemia do Covid-19, onde a venda ou obtenção de produtos sem estar presencialmente no local foi essencial.

Num sistema empregando logística reversa, o mesmo caminho feito pelo produto até o consumidor deveria ser revertido para o seu reaproveitamento ou obtidos seus resíduos. Construindo, assim, uma estreita relação com a reciclagem, ao facilitar o reaproveitamento dos materiais coletados e proporcionar o seu retorno aos diferentes centros produtivos. A reciclagem, reutilização e redução são conhecidas pelo termo **3R**.

A logística reversa é regulamentada pela lei 12.305/2010 no Brasil [Lei 2017]. A lei estabelece os acordos entre os setores empresariais e o setor público para implantar um sistema de logística reversa.

A implantação deve ser cumprida por fabricantes, importadores, distribuidores ou comerciantes de determinados produtos. Em setembro de 2020, a Firjan<sup>1</sup> atualizou o guia empresarial sobre logística reversa, com toda a orientação necessária às empresas para o cumprimento da lei.

A pandemia certamente trouxe diversas mudanças comportamentais. O isolamento social, como medida protetiva e recomendada pelas autoridades, provocou transformações digitais na sociedade. Parte destas transformações estão associadas às vendas e ao retorno dos produtos adquiridos através do comércio eletrônico. De acordo com o portal das Nações Unidas, 99% dos produtos comprados são descartados num período de até 6 meses [ONU 2018]. A empresa NielsenIQ possui uma plataforma que coleta e analisa dados sobre o comércio e consumidores. Segundo suas informações sobre o comércio eletrônico no Brasil, 13 milhões de brasileiros realizaram a sua primeira compra pela internet no ano de 2020 [Webshoppers 2021]. Além disso, cerca de 80% dos 13 milhões de novos consumidores digitais afirmaram que repetiriam as compras *online* e 69,5% promoveriam a loja onde realizaram a compra [Webshoppers 2021]. Outra estatística bastante pertinente, mostra que as compras *online* estão sujeitas a devolução cerca de três vezes mais se comparadas às compras nas lojas físicas [Saleh 2021]. Neste sentido, discutir vendas e logística reversa, para devoluções de produtos, se torna um importante fator para reduzir custos, satisfazer políticas ambientais e as expectativas dos consumidores.

Para [Stock and Lambert 2001] a logística reversa na perspectiva de negócios, refere-se à função da logística no retorno de produtos, redução na fonte, reciclagem, substituição de materiais, reuso de materiais, disposição de resíduos, reforma, reparação e remanufatura. Porém, neste trabalho abordamos apenas parte deste tema abrangente, considerando a logística reversa do *e-commerce* ou comércio eletrônico. Com o aumento das compras *online*, as empresas e fornecedoras precisam estar preparadas para atender a alta demanda em um processo direto e indireto. É necessário vender o seu produto e pensar em seu retorno nos mais diversos casos que possam ocorrer, como defeito na mercadoria, não atendimento da expectativa do cliente, recebimento do produto errado, entre outros motivos.

Neste artigo, apresentamos alguns problemas do processo logístico reverso brasileiro e propomos um modelo computacional do problema implementado através da biblioteca *fuzzy* no Matlab. Os resultados mostram que é possível obter uma logística voltada para as reciclagens de produtos, mesmo que tenha um lucro reduzido. O método *fuzzy* é uma opção para este trabalho por permitir uma lógica com melhor tratamento de imprecisões e o uso de variáveis linguísticas que se aproximam da realidade humana, simplificando a solução do problema final. A escolha pela implementação no Matlab é justificada por possuir uma biblioteca interna de lógica *fuzzy*, sua clareza didática em mostrar os resultados, além de possibilitar a visualização de diversos cenários possíveis da modelagem.

Este trabalho está organizado como a seguir. A Seção 2 contextualiza e apresenta o sistema logístico reverso brasileiro. A revisão da literatura é apresentada na Seção

---

<sup>1</sup> Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro que atua como representante das indústrias fluminenses nos âmbitos municipal, estadual e nacional.

3. A Seção 4 mostra o modelo proposto, introduz o conceito de lógica *fuzzy*, analisa as variáveis importantes para o problema. A Seção 5 discute os resultados obtidos pelo modelo de logística reversa combinado com lógica *fuzzy*. Finalizamos com a Seção 6 apresentando nossas conclusões e sugerindo trabalhos futuros.

## 2. Logística Reversa

A eficiência dos processos de toda a cadeia produtiva tem um impacto direto no meio ambiente, na sociedade e na economia. Os processos devem considerar ações sustentáveis que reduzam o custo e simultaneamente ofereçam qualidade nos produtos e serviços oferecidos aos consumidores. A logística está relacionada a como as ações devem ser realizadas de forma organizada, podendo ser caracterizada como logística direta ou reversa.

A logística direta pode ser definida como um conjunto de ações que engloba o planejamento para compra de materiais e matéria-prima, estratégias de estoque, armazenagem e transporte, até que o produto seja entregue ao consumidor final. A logística reversa está relacionada ao retorno de materiais, utilizados ou não, para o processo produtivo, considerando o reaproveitamento ou descarte apropriado de materiais.

A logística reversa pode ser subdividida em: pós-venda, pós-consumo ou reuso. No pós-venda, um produto é devolvido por conter defeito ou não atender às expectativas do consumidor. O produto retorna à empresa, que pode aproveitá-lo ou não. O pós-consumo está relacionado ao descarte e reutilização do resíduo produzido pelo consumo de um determinado produto. Nele, os resíduos são reciclados, reutilizados ou descartados corretamente. O reuso ocorre com a venda dos produtos que seriam descartados (carros, eletrônicos, livros entre outros), gerando renda para as empresas.

A Lei número 12.305, de 2 de agosto de 2010, institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS). Ela altera a Lei número 9.605, de 12 de fevereiro de 1998, em seu artigo 3º. Para os efeitos desta Lei, a Logística Reversa é definida como:

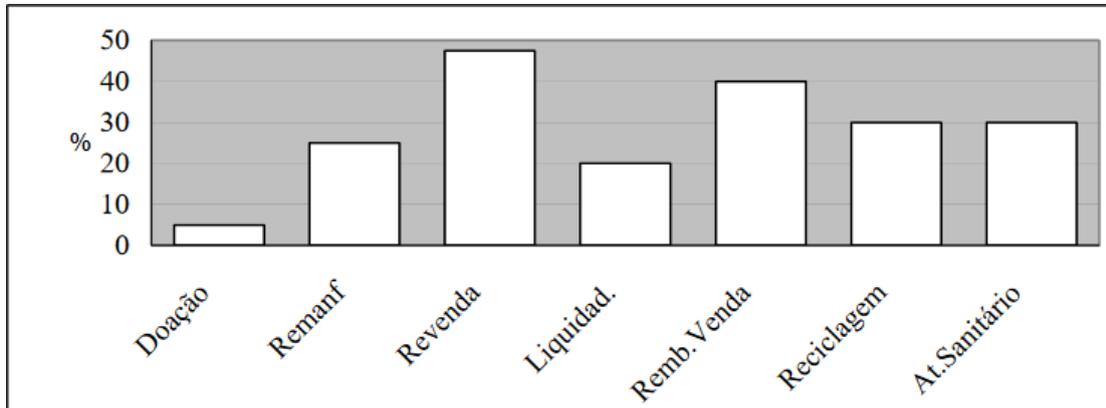
XII - logística reversa: instrumento de desenvolvimento econômico e social caracterizado por um conjunto de ações, procedimentos e meios destinados a viabilizar a coleta e a restituição dos resíduos sólidos ao setor empresarial, para reaproveitamento, em seu ciclo ou em outros ciclos produtivos, ou outra destinação final ambientalmente adequada (BRASIL, 2010).

Para [Leite and Brito 2005], em conformidade com a lei, a logística reversa estende o planejamento e o controle do fluxo de matéria-prima ou produto acabado com o objetivo de recuperação do valor ou realizar um descarte adequado. Segundo os autores, as empresas tentam recuperar o valor dos bens retornados. Esta medida, se adequadamente controlada, além de recuperar o valor do produto retornado reduz o impacto econômico negativo do retorno. A Figura 1, no panorama de 2005, mostra o destino dado aos produtos após o recebimento na empresa. É importante ressaltar que um controle de fluxo adequado é fundamental para as decisões na solução do problema.

A logística reversa tem como benefícios: (i) estimular e incentivar o reuso, a reciclagem e o tratamento de resíduos; (ii) reduzir a emissão de *CO2* na atmosfera; (iii) compartilhar a responsabilidade dos resíduos sólidos entre os setores público e privado e sociedade civil; (iv) melhorar a eficiência do uso de recursos naturais; (v) aumentar a vida útil de aterros sanitários realocando resíduos que podem voltar à cadeia produtiva, evi-

tando a contaminação do solo; e (vi) desenvolver produtos ambientalmente sustentáveis.

Para [Mano et al. 2005], o processo de reciclagem é o resultado de diversas atividades, como coleta, separação e processamento, através das quais materiais aparentemente sem valor são usados como matéria prima na manufatura de bens, anteriormente



**Figura 1. Destinos dado aos produtos devolvidos para a empresa.**

Fonte: [Leite and Brito 2005]

feitos com matéria prima virgem. Podemos citar como materiais sujeitos ao processo de reciclagem os plásticos, vidros, papéis, alumínio, pilhas, baterias, eletroeletrônicos, óleos lubrificantes, entre outros. Assim, a logística reversa possibilita o retorno dos bens ou seus materiais constituintes ao ciclo produtivo ou ao mercado.

## 2.1. Panorama da logística reversa no Brasil

No início de 2022, foi instituído o Programa Nacional de Logística Reversa<sup>2</sup>, que tem como objetivo a coordenação e integração dos diferentes sistemas de logística reversa.

O SINIR, Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos<sup>3</sup>, é um órgão do Ministério do Meio Ambiente, cuja coordenação e articulação estão sob a responsabilidade do Governo Federal.

O SINIR é um instrumento da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) com sua organização e manutenção compartilhadas entre os governos municipais, estaduais e Distrito Federal. É de responsabilidade deles fornecer ao órgão federal todas as informações necessárias sobre resíduos sob sua esfera de competência, com periodicidade anual, nos canais e formatos criados para essa finalidade. Todos os entes federativos devem igualmente e de forma conjunta, organizar e manter a infraestrutura necessária para receber, analisar, classificar, sistematizar, consolidar e divulgar dados e informações qualitativas e quantitativas sobre a gestão de resíduos sólidos.

O SINIR+ é uma plataforma tecnológica para apoio às políticas públicas, que permite a gestão continuada de resíduos sólidos, além da criação de estratégias e oportunidades de negócios. Essa plataforma é composta de mapas, painéis e relatórios que siste-

<sup>2</sup> Instituto Rever: <https://rever.org.br/o-sistema/logistica-reversa>

<sup>3</sup> SINIR: <https://sinir.gov.br/perfis/logistica-reversa>

matizam dados e disponibilizam estatísticas e indicadores referentes à gestão de resíduos sólidos no Brasil, com base em dados coletados pelos diferentes sistemas de informação que compõem o SINIR+. A Tabela 1 mostra os sistemas implementados atualmente e os resultados coletados referentes ao ano de 2020.

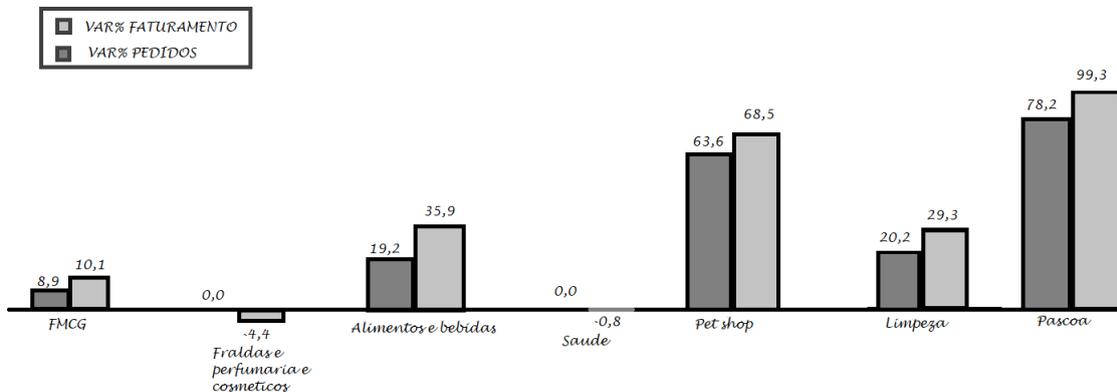
**Tabela 1. Plataforma SINIR+ Dados referentes ano de 2020.**

Sistemas implementados	Resultados Coletados
Agrotóxicos	<b>49.881,1</b> toneladas de embalagens vazias destinadas, <b>93%</b> das embalagens plásticas primárias comercializadas, <b>411</b> unidades de recebimento, <b>3,9 mil</b> ações de recebimento itinerantes, <b>823.167 mil t CO2</b> emissões evitadas
Baterias de Chumbo	<b>275.427</b> toneladas com <b>15.301.517</b> unidades recolhidas
Eletroeletrônico	<b>140</b> toneladas recolhidas e <b>1.730</b> pontos de coleta instalados
Embalagens de Aço	<b>101</b> pontos de recebimento em 12 estados e DF, <b>22 mil</b> toneladas recolhidas e destinadas
Embalagens Plásticas de Óleos Lubrificantes	<b>4.556</b> toneladas destinadas para reciclagem, <b>18</b> Estados e o DF atendidos pelo sistema em <b>4.310</b> municípios, <b>23</b> Centrais de Recebimento, <b>79</b> caminhões na operação, <b>222</b> Pontos de Entrega Voluntária em operação.
Embalagens em Geral	<b>374</b> municípios com pontos de coleta em <b>26</b> estados e DF, Embalagens recuperadas em toneladas: <b>123.256</b> papel, <b>58.498</b> vidro, <b>54.246</b> plástico, <b>13.916</b> aço e <b>6.162</b> alumínio
Lâmpadas	<b>927</b> toneladas de lâmpadas, <b>6.351.254</b> unidades recolhidas em <b>465</b> municípios ( <b>26</b> estados e DF)
Medicamentos, Resíduos e Embalagens	dados serão disponibilizados somente em 2022
Óleos Lubrificantes	<b>467.872 m<sup>3</sup></b> coletados nos <b>4.166</b> municípios atendidos com coleta de óleos usados ou contaminados (OLUC)
Pilhas e Baterias	<b>1.755,79</b> toneladas coletadas em <b>4.453</b> pontos de coleta
Pneus Inservíveis	<b>379.931 mil</b> toneladas destinadas e <b>1.160</b> pontos de coleta
Latas de Alumínio	<b>97,4%</b> de reciclagem, aproximadamente <b>31</b> bilhões de unidades, <b>402,2 mil</b> toneladas vendidas, <b>391,5 mil</b> recicladas

Estudos realizados pela empresa NielsenIQ em parceria com a Bexs Banco mostram que, no Brasil, o faturamento do *e-commerce* atingiu mais de 53,4 bilhões de reais no primeiro semestre de 2021, representando um crescimento de 31% se comparado ao segundo semestre de 2020 [Webshoppers 2022]. O relatório de pesquisa fornece outros dados relevantes comparando os mesmos semestres, como o crescimento médio de 7% no total de número de pedidos. Este fato representa uma migração das lojas físicas para o *e-commerce* de 93,1 milhões para 100 milhões. A região sudeste é a mais importante para o faturamento, tendo contribuído com 51% para o crescimento do *e-commerce* no país.

Ainda considerando o segundo semestre de 2020 e primeiro semestre, a Figura 2 mostra algumas categorias FMCGs (Fast Moving Consumer Goods) e seu faturamento no primeiro semestre de 2021.

É importante observar que as FMCGs possuem produtos de consumo rápido com crescimento mensal de vendas, realizadas através da internet, em 2021 [Webshoppers 2022]. Estes produtos de vida útil mais rápida necessitam de atenção especial no caso de eventuais retornos a centros logísticos, visto que nem todos poderão ser reutilizados conforme a sua finalidade.



**Figura 2. Categorias FMCGs em número de pedidos e faturamento.**

Fonte: [Webshoppers 2022] adaptado

### 3. Revisão da Literatura

Muitos estudos recentes têm abordado os problemas relacionados à logística reversa. Inicialmente, pesquisamos na literatura os métodos de solução existentes que pudessem oferecer uma modelagem computacional do problema da logística reversa, com otimização nos resultados, se viável, aplicado ao *e-commerce*.

No contexto de *e-commerce*, [Araujo et al. 2013] descreveram o processo de logística reversa de um único varejista virtual do mercado brasileiro, que representava 40% do comércio eletrônico na época. Mais especificamente, os autores avaliaram o processo desde a retirada de itens comercializados e recusados pelos consumidores no pós-venda do comércio eletrônico, passando pelo processo de recaptura de valor até a determinação de uma disposição apropriada dos produtos para varejistas e fabricantes. Eles mostraram a evolução do processo, analisando seu desempenho e identificando suas principais deficiências.

Apesar das limitações de considerar apenas uma empresa de comércio eletrônico e os dados não refletirem o mercado de pequenas e médias empresas, nos baseamos em partes deste trabalho para propor nossa modelagem computacional. O modelo proposto, neste trabalho, não possui estas limitações.

O trabalho de [XiaoYan et al. 2012] propõe um modelo de rede de logística reversa de decisão no contexto de *E-business*. Os autores supõem que existem incertezas nas demandas e nos retornos, que são determinados pela política de retorno ótimo. Através deste modelo, eles buscam determinar o número e a localização ideais de fábricas, varejos *online* e 3PLs, que é a terceirização dos processos logísticos, visando a redução de custos e melhoria de serviço. No entanto, o modelo assumiu premissas que levam a um esforço adicional e alguns aspectos importantes são desconsiderados, como danos ambientais em

casos de descarte.

Em [Wu et al. 2019] foram investigadas as estratégias de preços de uma cadeia de suprimentos reversa de canal duplo com preocupações de justiça. Os autores aplicaram o método de Stackelberg-Game adaptado para determinar uma estratégia de preços equilibrada entre centros de reciclagem direta e terceiros. Foram estudados três cenários de Stackelbergem, com relação ao preço e receita ideais na cadeia de abastecimento, aqueles baseados em: (i) senso de igualdade por parte dos recicladores; (ii) apenas os recicladores diretos buscam o equilíbrio; e (iii) apenas os recicladores terceirizados buscam o equilíbrio. Assim, depois de aplicar exemplos numéricos, eles mostram que é importante estabelecer um equilíbrio entre a operação direta e a terceirizada para garantir a rentabilidade de toda a cadeia de suprimentos. O artigo foca principalmente nos cálculos de lucro e preços do produto revendido.

[Liu 2014] propõe um modelo baseado em algoritmo genético para solucionar o problema de otimização de alocação de localização da logística reversa no comércio eletrônico. Ele busca uma solução ótima aproximada, considerando incertezas e sendo sua convergência afetada pelas entradas iniciais. Nestes casos, o cálculo deve ser realizado diversas vezes para contornar o problema e torná-lo mais preciso. O modelo e o algoritmo propostos foram validados considerando a alocação de *sites* logísticos de vendas *online*.

Um modelo para o problema de roteamento de localização-inventário em malha fechada, considerando os retornos com ou sem defeitos de qualidade no sistema da cadeia de suprimentos de comércio eletrônico foi proposto em [Deng et al. 2016]. O objetivo é minimizar o custo total produzido nas redes de logística direta e reversa, através de um algoritmo de otimização combinado denominado algoritmo de otimização de colônia de formigas híbridas. Os autores realizaram um extenso estudo computacional. No entanto, o método apresenta soluções aproximadas e não considera os casos com incertezas.

O artigo de [Jiao 2013] estabelece um sistema de operação de logística de comércio eletrônico eficiente para reduzir os custos de distribuição. O autor modela uma rede logística baseado no sistema de operação de rede logística empresarial de comércio eletrônico *business-to-consumer* (B2C). Para obter a melhor solução são utilizados os seguintes algoritmos: colônia de formigas híbrido, enxame de partículas (*particle swarm*) e inteligência de enxame de grupo (*group swarm intelligence*). A ideia é auxiliar nas decisões da rede logística empresarial de comércio eletrônico B2C, sob a premissa de garantir os interesses dos consumidores e a eficiência dos serviços.

A Tabela 2 resume os métodos de solução, dos artigos citados, no contexto de logística reversa no comércio eletrônico. Os métodos variam entre busca por soluções ótimas ou aproximadas.

**Tabela 2. Métodos de solução.**

Referência	Método
[XiaoYan et al. 2012]	Mixed-integer linear programming (MILP)
[Wu et al. 2019]	Stackelberg Game
[Deng et al. 2016]	Algoritmos ACO E ABC dinâmicos
[Liu 2014]	Algoritmo genético (GA)
[Jiao 2013]	Inteligência de enxame (Swarm intelligence) Optimization Based on Swarm Intelligent Algorithm

Estes são alguns dos artigos encontrados na literatura que mostram diferentes métodos utilizados nos últimos anos para solucionar o problema de uma rede logística reversa em *e-commerce*.

A lógica *fuzzy* tem sido utilizada para lidar com incertezas. Em particular, ela trata os fenômenos da natureza de uma forma sistemática e rigorosa, e se mostra como uma alternativa promissora na solução de diversos problemas. Dessa forma, buscamos na literatura trabalhos baseados em lógica *fuzzy* que envolvessem os problemas do *e-commerce* e com modelos relacionados a` log´istica reversa.

Tabela 3 resume alguns trabalhos que utilizam variações da lógica *fuzzy* em várias áreas do conhecimento.

**Tabela 3. Trabalhos que utilizam lógica *fuzzy*.**

Referência	Método	Área aplicada
[Han and Trimi 2018]	TOPSIS FUZZY	Plataformas de comércio social
[Kannan et al. 2009]	ISM E TOPSIS FUZZY logistics provider	Fabricação de baterias na Índia
[Lamba et al. 2020]	fuzzy-AHP supply chain using fuzzy-analytic hierarchy process	<i>e-commerce</i>
[Vahabzadeh et al. 2015]	Fuzzy VIKOR	não especificado

No trabalho de [Han and Trimi 2018] foram identificados os critérios que devem ser utilizados na concepção e avaliação dos processos de logística reversa baseados no *social commerce* das empresas. O *social commerce* é um subconjunto do *e-commerce*. O estudo revela que existem quatro critérios dominantes, que são indicadores de desempenho da logística reversa, na plataforma de *social commerce* que são: relacionamento com o cliente, risco de uso, avaliações e controle de qualidade.

[Kannan et al. 2009] apresentam uma metodologia de tomada de decisão aplicada a um caso de indústria de reciclagem de baterias na Índia, onde todos os elementos das baterias são reciclados e reutilizados por empresas fabricantes. Nos modelos TOPSIS são definidos pesos e critérios na decisão nas montagem das variáveis linguísticas. Portanto, é necessário ter ideia da complexidade existente num processo extenso e variável como o do *e-commerce*, onde diversos produtos são comercializados, não só baterias.

O trabalho de [Lamba et al. 2020] propõe um modelo para criar um *rank* das variáveis inibidoras, ou seja, das barreiras do problema, de modo que a logística possa resolvê-las de acordo com a prioridade. A extensa pesquisa bibliográfica e a opinião de especialistas ajudaram a identificar 16 barreiras. Porém, elas tornam o problema de tomada de decisão multicritério. Não é uma tarefa trivial identificar quais barreiras poderiam representar os vários cenários que se apresentam no processo logístico brasileiro.

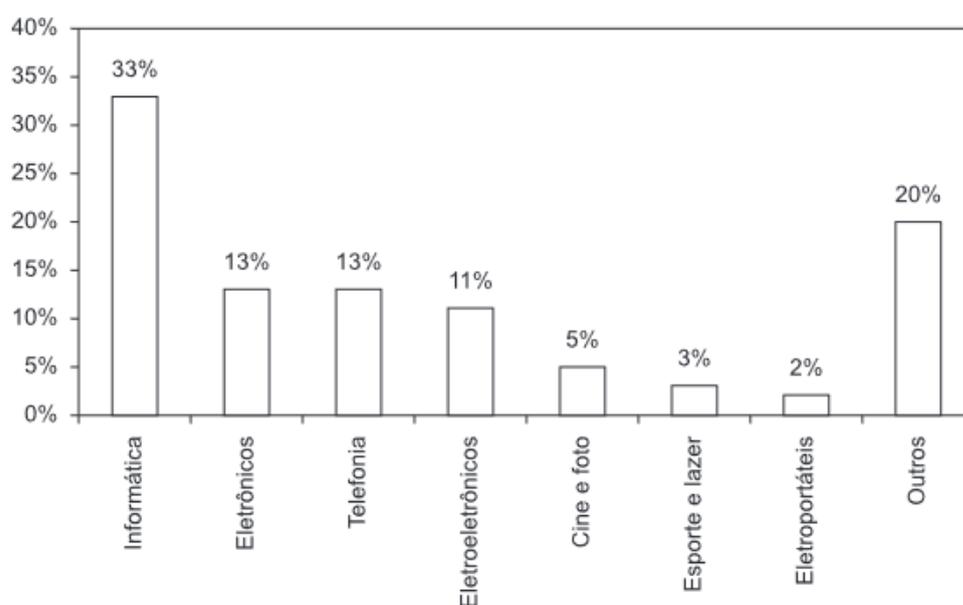
[Vahabzadeh et al. 2015] enfatizam que a lógica difusa é capaz de operar com

imprecisão e incerteza de forma prática, com alto nível de desempenho, otimizando tanto o tempo de análise quanto a construção do modelo adotado para a tomada de decisão. Entretanto, não especificaram claramente em quais áreas o método poderia ser aplicado.

#### 4. O Modelo Proposto

O modelo proposto neste trabalho é baseado no estudo detalhado do processo logístico reverso do *e-commerce* brasileiro realizado por [Araujo et al. 2013]. Os autores analisaram tanto suas deficiências quanto a sua evolução, baseado numa pesquisa de campo. A pesquisa foi composta de entrevistas com diferentes profissionais de empresas atuantes no processo da logística reversa, visitas aos escritórios e aos centros de distribuição para coleta de informações e observação direta dos processos.

Os dados obtidos auxiliam na compreensão do cenário do processo logístico reverso do *e-commerce*. O retorno de produtos está concentrado em poucas famílias, como mostra na Figura 3. Note que sete famílias representam 80% do valor financeiro dos retornos. A família de produtos que apresenta o maior percentual de retorno (33%) é a de informática.



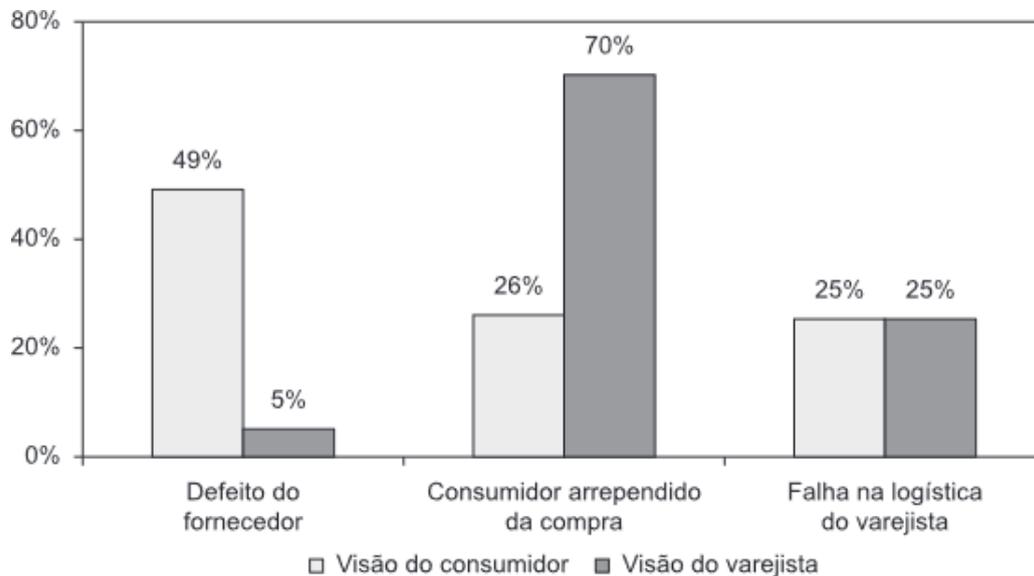
**Figura 3. Principais famílias de produtos retornados.**

Fonte: [Araujo et al. 2013].

Os motivos das devoluções são dados bastante relevantes. Os dados do pós-venda mostram que 49% dos consumidores alegam defeito nos produtos, 26% se arrependem da compra e/ou não têm suas expectativas atendidas. A Figura 4 mostra as diferentes visões do consumidor e dos varejistas com relação aos dados do pós-venda. Além de constatarem outros diversos problemas associados ao processo logístico, denominados como falhas da logística.

As falhas da logística reversa para os varejistas são entregas de produto errado, avarias, atrasos no envio, falta de peças, voltagem errada entre outras falhas. A pesquisa constata que 70% dos produtos retornados pelo canal de logística reversa não apresentam

quaisquer problemas técnicos e retornam diretamente para os estoques de revenda.



**Figura 4. Comparativo entre as visões do consumidor e do varejista a respeito do motivo de devolução.**

Fonte: [Araujo et al. 2013].

A partir de uma empresa de comércio eletrônico, a pesquisa identifica fases da logística reversa, suas particularidades e problemas associados. O caminho reverso era realizado dentro dos próprios centros de distribuição da revenda em uma área específica destinada à essa operação. A gestão de todo o processo era realizada pela própria empresa.

#### 4.1. Fases do processo de logística reversa

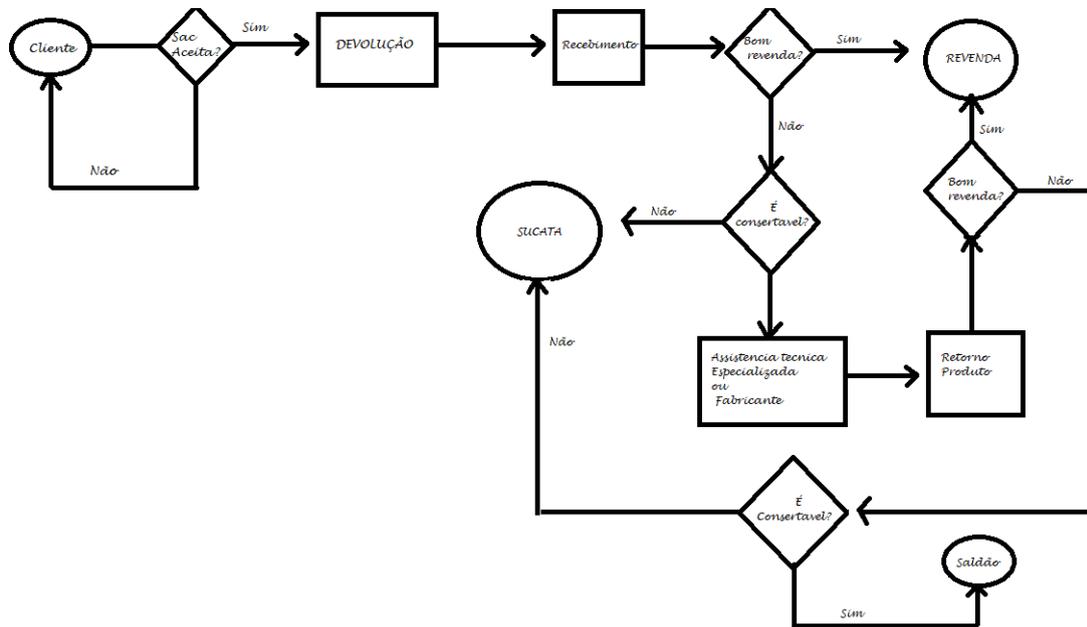
Com o passar dos anos, a empresa adotou diferentes gestões de operação de logística reversa. O processo de logística reversa pode ser descrito em três fases. Um modelo de gestão próprio do varejista (Fase 1), uma operação de logística terceirizada (Fase 2) e finalmente um modelo de logística que inclui a revenda de produtos recuperados (Fase 3). Em cada fase, o objetivo das trocas de estratégias se caracterizava em ganhos de produtividade na operação e na simplificação do processo.

Neste trabalho modelamos o problema do processo de logística reversa de acordo com o fluxograma da Figura 5 que retrata todos os procedimentos.

O cliente aciona o SAC (Serviço de Atendimento ao Consumidor) para realizar a devolução do produto. O SAC ao receber o produto, o classifica como bom para revenda se não possuir defeitos ou avarias. Caso contrário, o produto é encaminhado para a garantia do fabricante ou até mesmo para uma assistência técnica especializada. Se o concerto não for possível, a sucata é seu destino, assumindo uma venda com valor reduzido, por exemplo 20% do preço de custo.

Ao retornar da garantia do fabricante ou da assistência técnica, o produto é novamente classificado. Se estiver bom é encaminhado para revenda. Caso contrário, é

realizada uma nova tentativa de conserto. Mas desta vez, se estiver funcionando, o produto é encaminhado para venda num Saldão, com por exemplo 60% do valor do preço



**Figura 5. Processo logístico reverso.**

Fonte: Adaptado de [Araujo et al. 2013].

de custo. Caso ainda apresente algum defeito ou avaria, o produto é levado para a sucata com a expectativa de conseguir em torno de 20% do preço de custo do produto adquirido.

#### 4.2. A Lógica Fuzzy

A lógica Fuzzy é amplamente encontrada em temas como cidades inteligentes, sistemas inteligentes e de controle entre outras áreas. Marcelo Godoy Simões faz as seguintes afirmações:

[...] o projetista de controladores *fuzzy* necessita de uma profunda compreensão de como as imprecisões e as incertezas ocorrem em processos e plantas industriais e como elas afetam as aplicações usuais de teoria de controle moderno, possibilitando a aferição da relevância e a confiabilidade dos resultados obtidos através da lógica *fuzzy*. [...] lógica *fuzzy* provê um método de traduzir expressões verbais, vagas, imprecisas e qualitativas comuns na comunicação humana em valores numéricos [Simões and Shaw 2007].

Outra observação importante do autor é ressaltar que a estratégia de usar o método *fuzzy* torna os processos eficientes.

A lógica *fuzzy* contribui na modelagem proposta incluindo o tratamento de imprecisões nos cenários analisados. A seguir apresentamos os conceitos da lógica *fuzzy*.

Um sistema de controle *fuzzy* modela as ações a partir de conhecimentos especia-

listas [Gomide and Gudwin ], sem necessariamente modelar o processo em si. Esta abordagem é diferente da modelagem matemática que considera as ações de controle como uma função dos estados do processo.

[Malutta et al. 2004] apresentam o raciocínio *fuzzy* como um ciclo fechado, composto por três etapas: a fuzificação, a inferência e a defuzificação.

A fuzificação transforma um dado quantitativo em um termo *fuzzy* (nebuloso). Ela é definida pelas variáveis lingüísticas de forma subjetiva, assim como as funções de pertinência, análise do problema e criação de regiões [Junges 2006]. A inferência é a etapa do raciocínio *fuzzy*, onde é realizada a tomada de decisão. A defuzificação converte as variáveis *fuzzy* em valores numéricos ou aceitáveis pelo sistema. É a etapa contrária a fuzificação que transforma dados nebulosos em dados quantitativos [Malutta et al. 2004].

Formalmente, um conjunto *fuzzy*  $A$  do universo  $\Omega$  considerado é definido por uma função de pertinência  $\mu_A : \Omega[0 - 1]$  [Sandri and Correa 1999]. Essa função associa cada elemento  $x$  de  $\Omega$  a um grau  $\mu_A(x)$  de pertinência, que representa o grau de compatibilidade entre  $x$  e o conceito expresso por  $A$ :

- $\mu_A(x) = 1$  indica que  $x$  é completamente compatível com  $A$ ;
- $\mu_A(x) = 0$  indica que  $x$  é completamente incompatível com  $A$ ;
- $\mu_A(x) > 0$  e  $\mu_A(x) < 1$  indica que  $x$  é parcialmente compatível com  $A$ , com grau  $\mu_A(x)$ .

Assim, a determinação das regras de controle pode ser realizada através de um conjunto formado pela união de todas as variáveis reais, que representam todos os estados das grandezas utilizadas no sistema *fuzzy*.

Sandri e Correa ainda definem que um conjunto  $A$ , da teoria dos conjuntos clássica, pode ser visto como um conjunto nebuloso específico, denominado usualmente de *crisp*, para o qual  $\mu_A : \Omega \rightarrow \{0 - 1\}$ . Esta pertinência é do tipo “tudo ou nada”, “sim ou não” e não gradual, como ocorre nos conjuntos nebulosos.

### 4.3. Modelo computacional utilizando lógica *fuzzy*

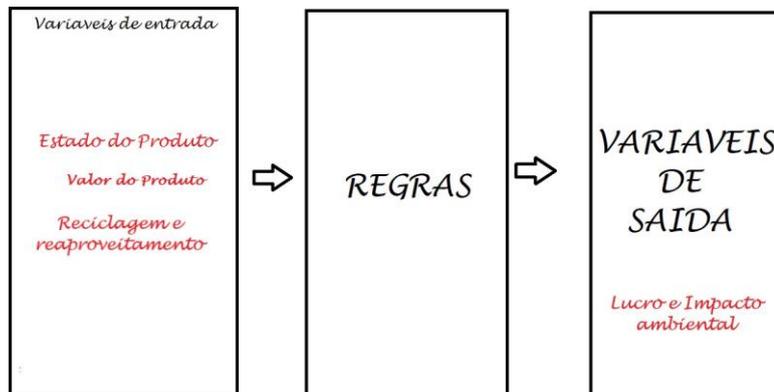
O modelo computacional segue a técnica de inferência *fuzzy* mais comumente utilizada que é o método de Mandani. Neste método, o processo é composto pela fuzificação das variáveis de entrada, avaliação das regras (inferência), agregação da saída das regras (composição) e defuzificação. Para a defuzificação pode ser utilizados diferentes métodos, como centro da área, *first-of-maxima*, *middle-of-maxima*, média ponderada entre outros.

Na fuzificação foram identificados os valores das variáveis numéricas que caracterizam o estado do sistema. Estas variáveis pertencem ao cenário de retorno, como o valor do produto, seu estado, reciclagem, reaproveitamento, e são utilizadas como dados de entrada para o modelo *fuzzy*. Estes valores são fuzificados com a transformação das entradas *crisp* em conjuntos nebulosos (*fuzzy*) usando as funções de pertinência armazenadas base de conhecimento difuso e agregadas.

A base de conhecimento é composta por dados e regras, de modo que definam as estratégias de controle e suas metas. Os dados armazenam as discretizações e funções de pertinência dos termos *fuzzy*. As regras são formadas por estruturas do tipo *Se < premissa > Então < conclusão >*.

A defuzificação converte a saída da máquina de inferência com dados *fuzzy* em dados *crisp* usando funções de pertinência análogas as usadas na fuzificação. No modelo proposto usamos o centro da área, observando lucro e impacto ambiental.

A Figura 6 mostra o método de Mandani empregado no modelo computacional aplicado ao problema de logística reversa.



**Figura 6. Método de Mandani aplicado ao problema de logística reversa.**

Fonte: o Autor

A Tabela 4 mostra as variáveis linguísticas utilizadas como dados de entrada e saída para utilização da lógica *fuzzy*. Cada uma dessas variáveis linguísticas estão descritas nas próximas subseções.

**Tabela 4. Variáveis linguísticas utilizadas na lógica fuzzy.**

Variáveis	Valores			
Estado do produto	Perfeito (%)	Bom (%)	Ruim (%)	Péssimo (%)
Valor	100	99 a 70	69 a 40	39 a 0
Reciclagem e reaproveitamento	100	99 a 80	99 a 80	79 a 0
Lucro	Máximo	Máximo	Médio	Baixo
Impacto ambiental	pequeno	médio	médio	alto

#### 4.3.1. Estado do produto

A Figura 7 mostra os fluxos da variável de estado do produto que dependendo de sua classificação tem implicação direta na revenda. A classificação da variável de estado pode impactar diretamente na variável de valor do produto.

A classificação do estado dos produtos ocorre na seguinte ordem:

- Fluxo 1 (Perfeito) - Sim revende, perfeito estado para revenda - Perfeito estado;
- Fluxo 2 (Bom)- Sim revende, porém produtos precisam de reparos - Estado médio;
- Fluxo 3 (Ruim) - Não, produtos com avarias pertinentes (saldão) - Estado ruim;
- Fluxo 4 e 5 (Péssimo) - Não, produtos sem conserto (sucata) - Péssimo estado.

Os produtos de Fluxo 1 não contêm quaisquer avarias, estão em perfeito estado de funcionamento e podem ser revendidos. Os produtos de Fluxo 2 precisam de alguns reparos ou mesmo troca de peças que pode acarretar em perda do valor. A assistência

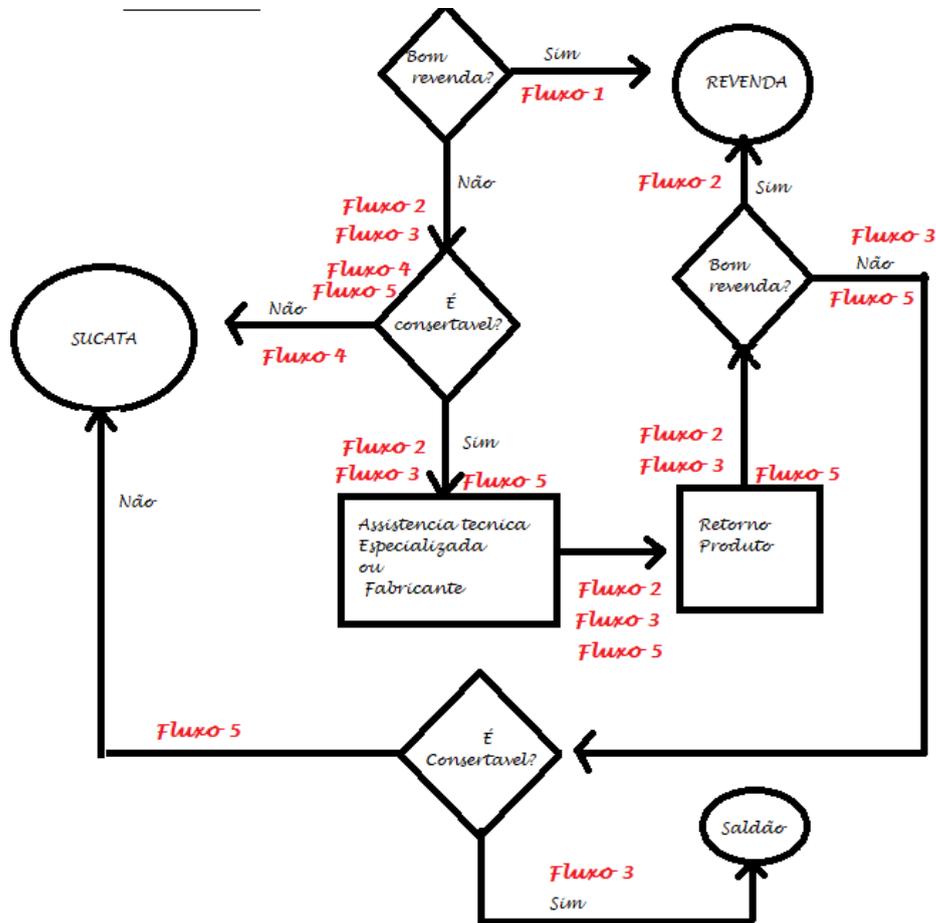


Figura 7. Fluxos da variável de estado do produto.

Fonte: O Autor

técnica especializada, também, acarreta em perda de valor do produto. Porém, depois do conserto o produto adquire seu perfeito estado de funcionamento e pode ser revendido ou devolvido para o consumidor. Os produtos de Fluxo 3 contêm alguma avaria mínima, mas ainda podem ser revendidos com preços menores. Os produtos de Fluxo 4 e 5 não possuem conserto e não são reaproveitados em sua finalidade.

A Figura 8 mostra as funções de pertinência da variável estado dos produtos que implicam na revenda.

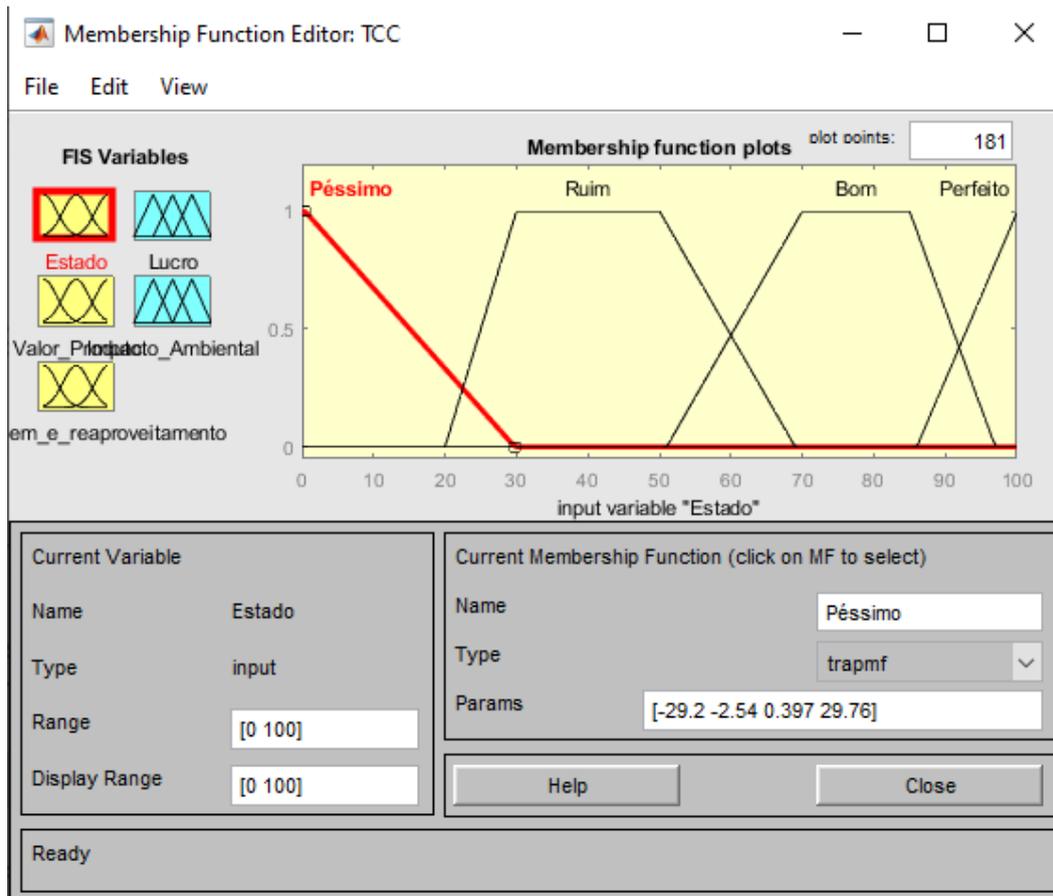


Figura 8. Funções de pertinência da variável estado do produto.

Fonte: o Autor

A Tabela 5 apresenta as funções de pertinência, seus valores e números *fuzzy* da variável estado do produto.

Tabela 5. Valores de pertinência dos números *fuzzy* da variável estado do produto.

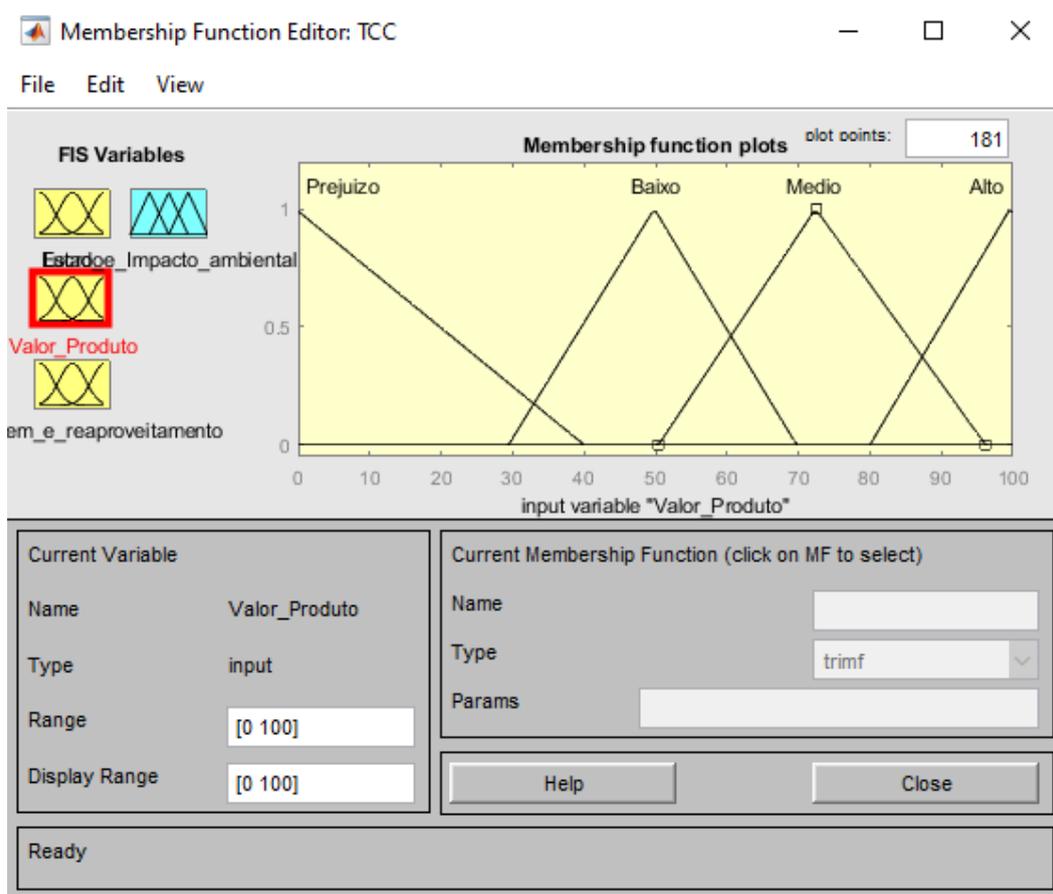
Estado	Função	Valores das pertinências e # <i>fuzzy</i>		
		$\mu = 0$	$\mu = 1$	$\mu = 0$
Perfeito	Linear crescente	85	100	-
Bom	Trapezoidal	51	70-85	97
Ruim	Trapezoidal	20	30-50	69
Péssimo	Linear decrescente	-	0	30

#### 4.3.2. Valor do produto

O valor do produto normalmente acompanha a média do seu valor no mercado. Consertos e reparos, também, impactam diretamente no valor do produto, que o levaria a ser vendido por preço de saldão. Os preços de saldo por sua vez atingem uma margem menor do que

o valor inicial de venda.

A Figura 9 mostra as funções de pertinência da variável valor do produto.



**Figura 9. Funções de Pertinência da variável valor.**

Fonte: o Autor

A classificação do valor do produto é da forma a seguir, cujos valores são baseados em outros trabalhos encontrados na literatura:

- 100% do valor esperado (Revenda) - Alto;
- 99 a 70 % do valor esperado (Revenda) - Médio;
- 40 a 69 % do valor esperado (Saldão) - Baixo;
- 0 a 39 % do valor esperado (Sucata) - Prejuízo.

A Tabela 6 apresenta as funções de pertinência, seus valores e números *fuzzy* da variável valor do produto.

**Tabela 6. Valores de pertinência dos números *fuzzy* da variável valor.**

Valor	Função	Valores de pertinências e # <i>fuzzy</i>		
		$\mu = 0$	$\mu = 1$	$\mu = 0$
Alto	Linear crescente	80	100	-
Médio	Triangular	51	75	95
Baixo	Triangular	30	50	70
Prejuízo	Linear decrescente	-	0	40

É importante ressaltar que um produto pode conter outros fatores que influenciam nas despesas, como custos de transportes ou pesquisas de mercado que acarretam em aumento ou redução do seu valor.

### 4.3.3. Reciclagem e Reaproveitamento

A variável reciclagem e reaproveitamento está diretamente relacionada à reutilização do produto. Se um produto contém poucas avarias ou está em perfeito estado de funcionamento, ele é reutilizado sem provocar nenhum impacto ambiental negativo. Nos casos onde os produtos geram sucata é necessário ter um cuidado especial no descarte, uma vez que os materiais utilizados na sua composição podem ser os mais diversos. A assistência técnica e os reparos também podem gerar danos ambientais, dependendo da mão de obra e da geração de resíduos. A composição do produto é outra característica bastante crítica nessa variável. Produtos que possuem na sua composição plástico ou outros materiais não recicláveis, em geral, não podem ser reutilizados para outros fins. Para classificar a variável reciclagem e reaproveitamento é necessário analisar os materiais que formam a composição do produto.

A Figura 10 mostra as funções de pertinência da variável reciclagem e reaproveitamento do produto.

A classificação da variável reciclagem e reaproveitamento segundo a reutilização do produto é dado por:

- 100% Reutilizável, produto em perfeitas condições e composto por material reciclável - Ótimo;
- 40 a 99% Reutilizável, parte do produto pode ser reutilizado, mas não é composto inteiramente por material reciclável - Bom;
- 3 a 40% Reutilizável, a maior parte da matéria prima do produto é descartada, porém, ainda possui em sua composição matéria que pode ser utilizada com outra finalidade - Ruim;
- 0 a 3% Nada pode ser reaproveitado, material deve ser descartado adequadamente para reduzir o impacto ambiental - Péssimo.

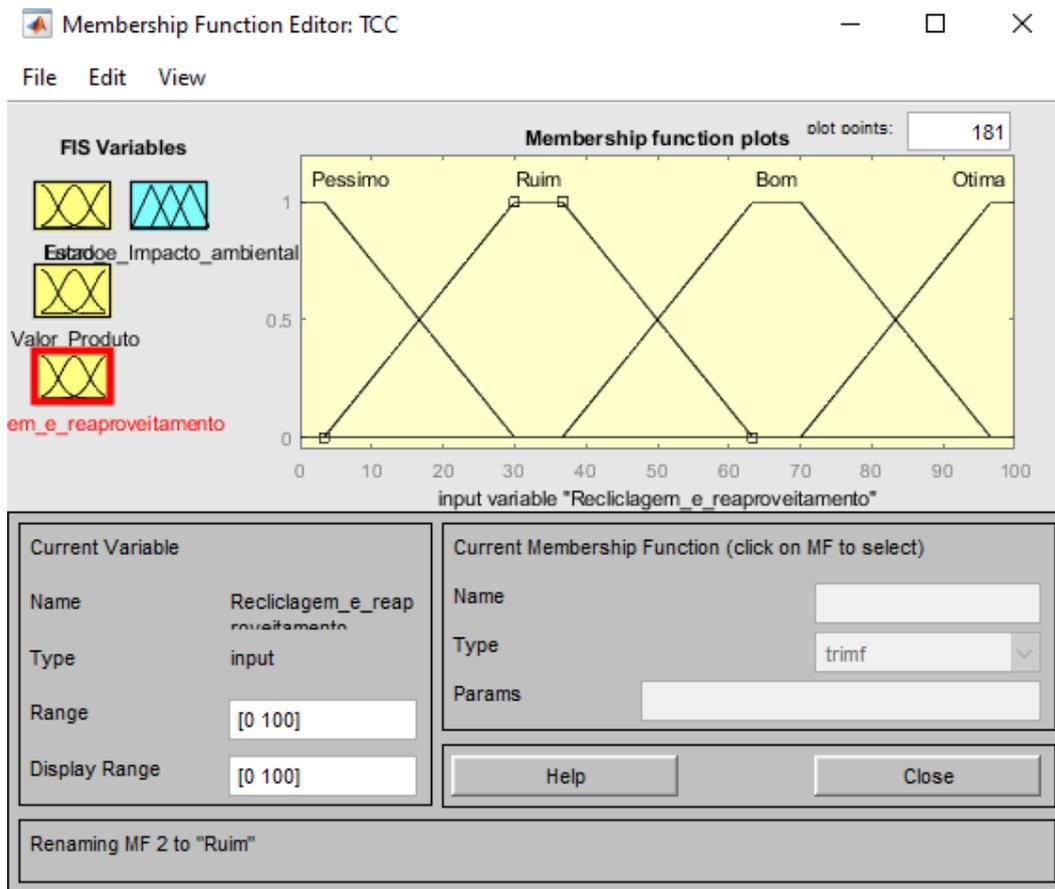


Figura 10. Funções de pertinência da variável reciclagem e reaproveitamento.

Fonte: o Autor

A Tabela 7 apresenta os funções de pertinência, seus valores e números *fuzzy* da variável reciclagem e reaproveitamento do produto.

Tabela 7. Valores de pertinência dos números *fuzzy* da variável reciclagem e reaproveitamento.

Reciclagem e reaproveitamento	Função	Valores de pertinências e # <i>fuzzy</i>		
		$\mu = 0$	$\mu = 1$	$\mu = 0$
Ótimo	Trapezoidal	70	99-100	-
Bom	Trapezoidal	37	64	98
Ruim	Trapezoidal	3	30-36	63
Péssimo	Trapezoidal	-	1-3	29

#### 4.3.4. Construção das Regras

O número de regras do sistema é dado pela quantidade de termos linguísticos das variáveis de entrada elevado ao número de variáveis de entrada. No modelo deste trabalho são consideradas 3 variáveis de entrada cada uma com 4 termos linguísticos. Portanto, temos

64 regras no total ( $4^3$ ), definidas no intervalos [0,100]. Deste total, apenas 20 regras foram utilizadas. As demais regras foram excluídas por serem consideradas improváveis de ocorrer ou não serem adequadas ao modelo. A seguir apresentamos duas das regras que foram retiradas do modelo.

- Se um produto está em estado **péssimo** e o valor **alto** ...
- Se um produto está em estado **perfeito** e está em **péssimo** estado de reciclagem e reaproveitamento ...

Um produto em estado péssimo normalmente não é revendido por um valor alto. Também não faz sentido considerar que um produto em perfeito estado de conservação não seja reutilizado. Neste caso, não se aplicaria a proposta do modelo de logística reversa.

A construção e relevância do conjunto de regras é atribuída ao processo de inferência para extrair a resposta final. Além disso, a defuzificação da região final de saída é realizada utilizando a operação centro de área.

A Figura 11 mostra o sistema de inferência de logística reversa. A partir da apresentação dos valores de entrada 52, 48 e 81 das 3 variáveis de entrada, representados pelas linhas vermelhas verticais, são ativados os termos linguísticos destacados na cor amarela.

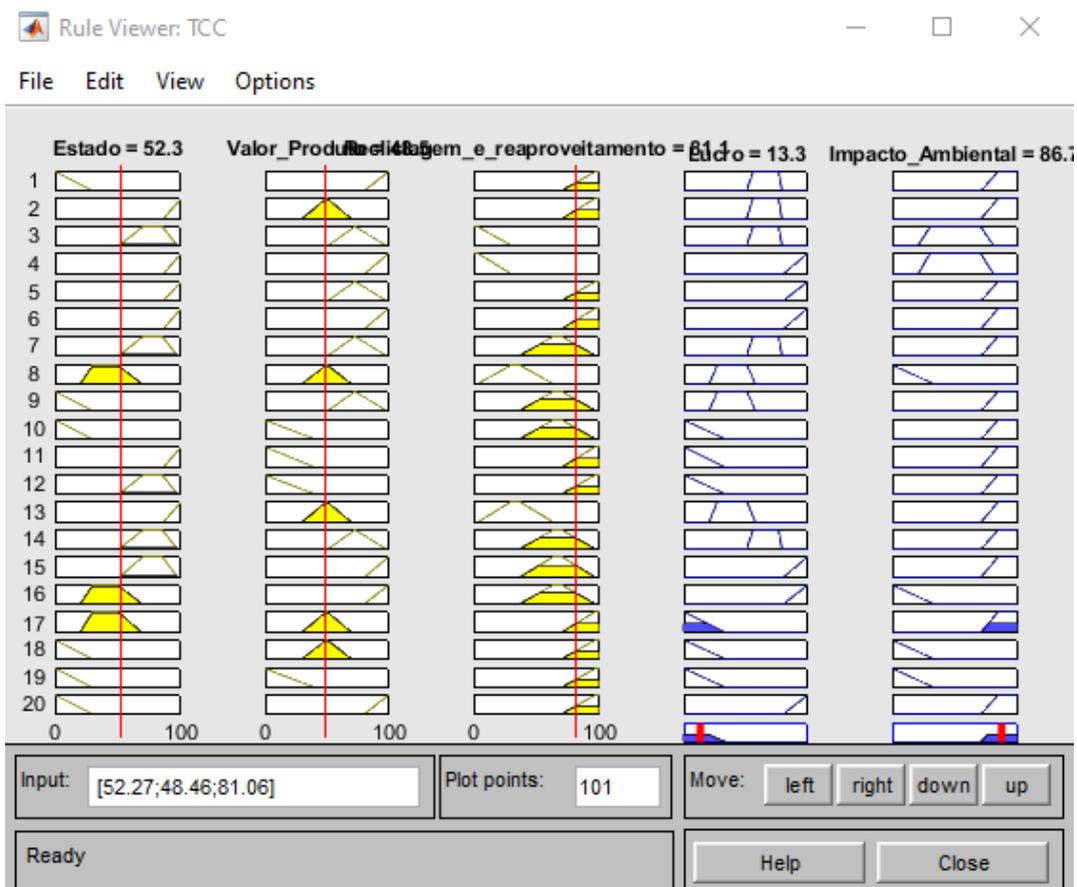


Figura 11. Sistema de inferência de logística reversa.

Fonte: o Autor

O sistema apresenta duas variáveis de saída, uma vez que modelo Mandani per-

mite ter uma ou mais saídas. Cada uma das variáveis de saída são analisadas a seguir.

#### 4.3.5. Lucro

A variável lucro mostra o quanto um produto já devolvido pode gerar de ganho. Todo produto que é devolvido ou ele é revendido para outro cliente, ou é devolvido para o fornecedor, ou ainda enviado para assistência técnica ocasionando custos extras. O produto pode ter sido devolvido por diversos motivos, o que altera o seu valor. Esta variável é impactada pelas entradas estado e valor do produto.

A Figura 12 mostra as funções de pertinência da variável de saída lucro do produto.

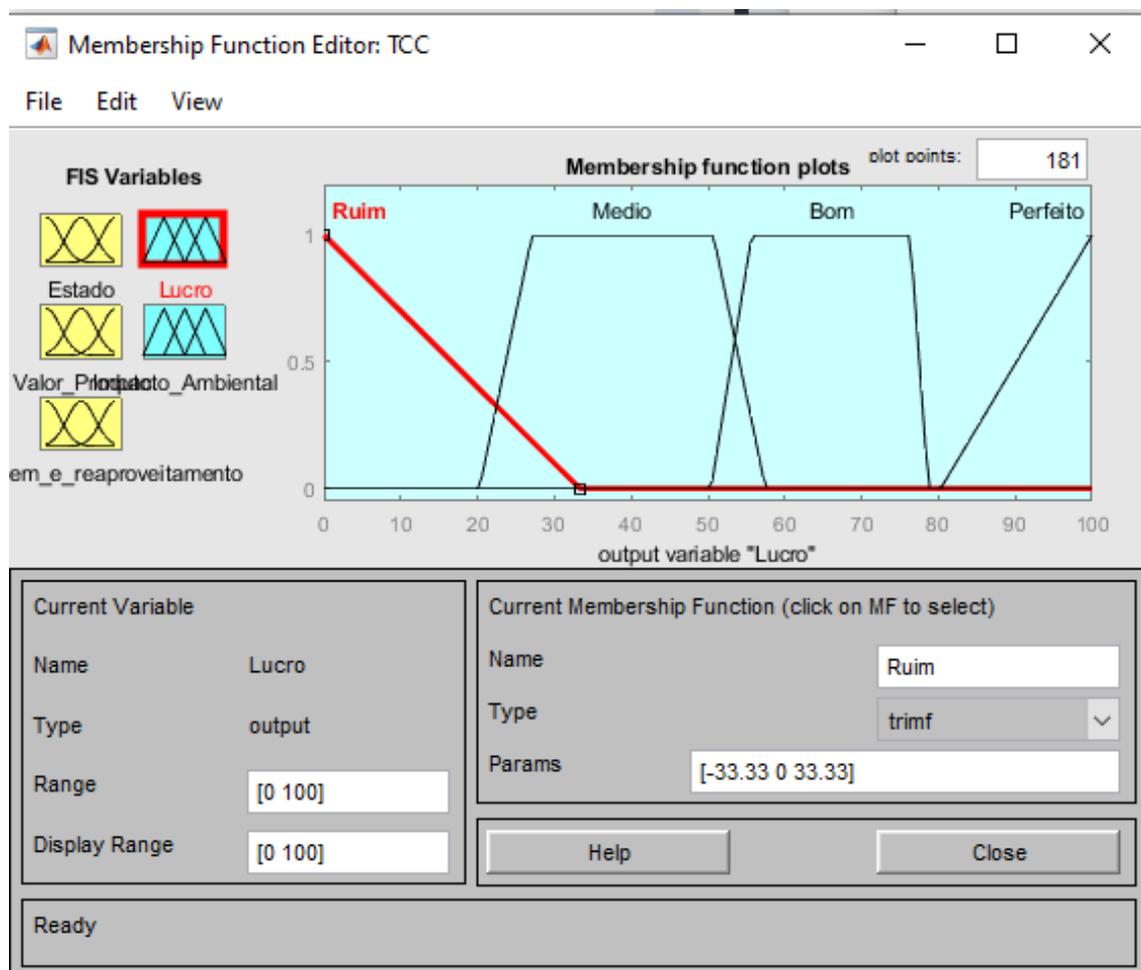


Figura 12. Funções de pertinência da variável de saída Lucro.

Fonte: o Autor

A classificação do lucro do produto é mostrada a seguir:

- 80 a 100%, Lucro Ideal - Perfeito;
- 60 a 79%, Lucro Bom;
- 20 a 59%, Lucro Médio;

- 0 a 19%, Lucro Ruim - Prejuízo.

A ideia é obter um lucro, mesmo que pequeno, a partir dos 20%. Por exemplo, considerar o valor do produto comprado acrescentado de 20% (lucro). O valor classificado como prejuízo considera a revenda quase pelo mesmo valor que um produto foi adquirido.

#### 4.3.6. Impacto ambiental

A análise da variável de saída impacto ambiental é muito importante no processo logístico reverso. A mão de obra, os consertos, aquisição de novas peças, e a composição dos materiais do produto, como plástico por exemplo, impacta diretamente no meio ambiente. O processo ideal é tentar ao máximo reutilizar as peças ou a matéria prima. Caso o produto não possa mais ser utilizado para sua finalidade, ele deve ser descartado com o menor impacto ambiental. Esta variável recebe uma influência direta das variáveis de entrada: estado do produto e reciclagem e reaproveitamento.

A Figura 13 mostra as funções de pertinência da variável de saída impacto ambiental do produto.

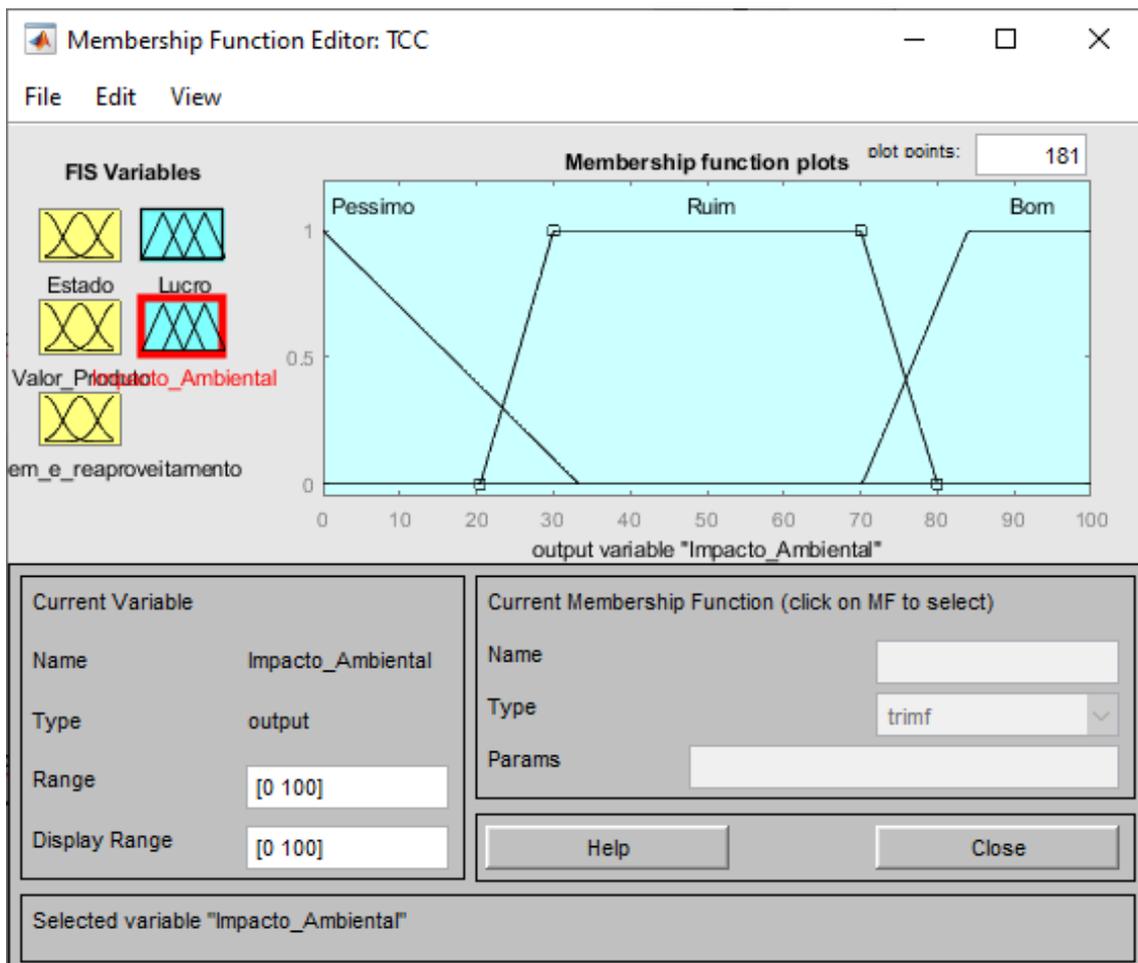


Figura 13. Funções de pertinência da variável de saída impacto ambiental.

Fonte: o Autor

## 5. Discussão dos Resultados

Baseado na análise dos resultados produzidos pelo Matlab, observamos a coerência do modelo computacional empregando lógica *fuzzy* e a influência de cada uma das variáveis de saída que mostram o lucro e o impacto ambiental. Para a análise foram estabelecidos valores iniciais que podem ser visto na Tabela 8.

Variável	Adjetivo	Valor inicial
Estado do produto	Ótimo	90
Valor do produto	Médio	75
Reciclagem e reaproveitamento	Ótima	99

**Tabela 8. Valores iniciais estabelecidos para análise do modelo.**

Os dados iniciais foram inseridos na caixa INPUT do Matlab. Para validar o sistema foi observada a influência de cada variável de entrada sobre as duas variáveis de saída do sistema de logística reversa.

Após o processamento do modelo combinado com a lógica *fuzzy* no Matlab, o lucro foi de 91.7%, que é um valor de lucro próximo do ideal, e 86.3% de impacto ambiental representando um adjetivo Bom.

A seguir, apresentamos os resultados obtidos para cada variável no sistema separadamente. Dessa forma, analisamos o impacto de cada uma delas no sistema de logística reversa. Os resultados são processados apenas alterando uma variável por vez, mantendo as demais variáveis com os valores iniciais mostrados anteriormente na Tabela 8.

### 5.1. Estado do produto

A variável estado mostrou ser bastante relevante no sistema de logística reversa. Quanto melhor for o estado do produto, maior o lucro que pode ser obtido e menor o impacto ambiental. Este fato demonstra o reaproveitamento o produto. A Tabela 9 mostra os dados obtidos com a variação na variável de entrada estado do produto.

Entrada	Adjetivo	Lucro	Impacto ambiental
[0;75;99]	Péssimo	50	50
[40;75;99]	Ruim	60	50
[80;75;99]	Bom	80	70
[100;75;99]	Perfeito	93	88

**Tabela 9. Análise da variável de estado do produto.**

### 5.2. Valor do Produto

A Tabela 10 mostra os dados obtidos com a variação na variável de entrada estado do produto. Essa variável reflete diretamente no lucro, tendo pouca capacidade de mudar o impacto ambiental.

Entrada	Adjetivo	Lucro	Impacto ambiental
[90;0;99]	Prejuízo	12	87
[90;50;99]	baixo	64	86
[90;75;99]	Médio	91	86
[90;100;99]	Alto	91	88

**Tabela 10. Análise da variável de valor do produto.**

### 5.3. Reciclagem e Reaproveitamento

A Tabela 11 mostra os dados obtidos com a variação na variável de entrada reciclagem e reaproveitamento. Esta variável influencia diretamente no impacto ambiental, que é um dos focos desse trabalho. A análise mostra que quanto pior o estado do produto, mais impacto ele causa ao ambiente porque é menor a chance de ter algum parte do produto reaproveitada.

Entrada	Adjetivo	Lucro	Impacto ambiental
[90;75;0]	Ruim	24	50
[90;75;35]	Média	50	52
[90;75;65]	Bom	92	87
[90;75;99]	Ótima	95	91

**Tabela 11. Análise da variável de reciclagem e reaproveitamento.**

## 6. Conclusões

Neste trabalho apresentamos alguns problemas do processo logístico reverso brasileiro e propomos um modelo computacional de logística reversa combinado com lógica *fuzzy*, através da biblioteca *fuzzy* no Matlab.

Modelos matemáticos para logística reversa, em geral, são mais difíceis de serem desenvolvidos devido a quantidade de variáveis envolvidas no problema. Nos baseamos no trabalho de [Araujo et al. 2013] e acrescentamos a lógica *fuzzy*, que representa algumas imprecisões encontradas.

A lógica *fuzzy* contribuiu no modelo de logística reversa simplificando a análise através das variáveis de entrada e saída utilizadas e adequando os critérios que se apresentaram no modelo nos qual nos baseamos.

É importante ressaltar o quanto o impacto ambiental pode ser influenciado pela composição dos produtos. O ideal seria obter o completo reaproveitamento e reciclagem do produto. Materiais como o vidro podem ser transformado em outras embalagens no mercado, pilhas podem ser reaproveitadas como material de cerâmica. Porém, existem materiais que não podem ser reaproveitados como acrílico ou bandejas de plástico.

Sugerimos, para trabalhos futuros, a inclusão de novas variáveis como custos de transportes (frete), garantias de fornecedores entre outros custos, para tornar o modelo mais completo e preciso em relação ao lucro observado. Além de outras variáveis que possam tornar o modelo mais real.

Outra sugestão é abordar com mais detalhes os custos de terceirização dos

serviços, que têm sido muito comum em diversas empresas. Comparar estes serviços com o serviço logístico interno seria interessante para garantir a reciclagem adequada e apropriada para os produtos.

## Referências

- (2017). *Política Nacional de Resíduos Sólidos*. Câmara dos Deputados, Edições Câmara, Brasília, terceira edição edition.
- Araujo, A. C. d., Matsuoka, É. M., Ung, J. E., Hilsdorf, W. d. C., and Sampaio, M. (2013). Logística reversa no comércio eletrônico: um estudo de caso. *Gestão & Produção*, 20:303–320.
- Deng, S., Li, Y., Guo, H., and Liu, B. (2016). Solving a closed-loop location-inventory-routing problem with mixed quality defects returns in e-commerce by hybrid ant colony optimization algorithm. *Discrete Dynamics in Nature and Society*, 2016.
- Gomide, F. A. C. and Gudwin, R. R. Modelagem, controle, sistemas e lógica fuzzy.
- Han, H. and Trimi, S. (2018). A fuzzy topsis method for performance evaluation of reverse logistics in social commerce platforms. *Expert Systems with Applications*, 103:133–145.
- Jiao, Y. (2013). Electronic commerce logistics network optimization based on swarm intelligent algorithm. *J. Networks*, 8(9):2163–2170.
- Junges, L. C. D. (2006). Introdução a lógica fuzzy. *Universidade Federal de Santa Catarina. Centro Tecnológico. Departamento de Automação de Sistemas*.
- Kannan, G., Pokharel, S., and Kumar, P. S. (2009). A hybrid approach using ism and fuzzy topsis for the selection of reverse logistics provider. *Resources, conservation and recycling*, 54(1):28–36.
- Lamba, D., Yadav, D. K., Barve, A., and Panda, G. (2020). Prioritizing barriers in reverse logistics of e-commerce supply chain using fuzzy-analytic hierarchy process. *Electronic Commerce Research*, 20(2):381–403.
- Leite, P. R. (2009). *Logística Reversa - Meio Ambiente e Competitividade*. Prentice Hall Brasil.
- Leite, P. R. and Brito, E. P. Z. (2005). Logística reversa de produtos não consumidos: práticas de empresas no brasil. *Gestão. Org*, 3(3):214–229.
- Liu, D. (2014). Network site optimization of reverse logistics for e-commerce based on genetic algorithm. *Neural Computing and Applications*, 25(1):67–71.
- Malutta, C. et al. (2004). Método de apoio à tomada de decisão sobre a adequação de aterros sanitários utilizando a lógica fuzzy.
- Mano, E. B., Pacheco, É. B. A. V., and Bonelli, C. M. C. (2005). *Meio ambiente, poluição e reciclagem*. Edgard Blücher.
- ONU (2018). Humanidade produz mais de 2 bilhões de toneladas de lixo por ano. Accessed 22 June 2022.
- Saleh, K. (2021). E-commerce product return statistics and trends. Accessed 24 August 2021.

- Sandri, S. and Correa, C. (1999). Lógica nebulosa. *Escola de redes neurais: conselho nacional de redes neurais*, 5:73–90.
- Simões, M. G. and Shaw, I. S. (2007). *Controle e modelagem fuzzy*. Editora Blucher.
- Stock, J. R. and Lambert, D. M. (2001). *Strategic logistics management*, volume 4. McGraw-Hill/Irwin Boston, MA.
- Vahabzadeh, A. H., Asiaei, A., and Zailani, S. (2015). Green decision-making model in reverse logistics using fuzzy-vikor method. *Resources, Conservation and Recycling*, 103:125–138.
- Webshoppers, E. . N. (2021). 43a ed webshoppers. Accessed 22 August 2021.
- Webshoppers, E. . N. (2022). 44a ed webshoppers. Accessed 30 June 2022.
- Wu, D., Chen, J., Yan, R., and Zhang, R. (2019). Pricing strategies in dual-channel reverse supply chains considering fairness concern. *International journal of environmental research and public health*, 16(9):1657.
- XiaoYan, Q., Yong, H., Qinli, D., and Stokes, P. (2012). Reverse logistics network design model based on e-commerce. *International Journal of Organizational Analysis*, 20(2):251–261.