

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE ENGENHARIA QUÍMICA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA QUÍMICA

Thaís Fernandes Soares

**Reciclagem do vidro para embalagens de alimentos e
bebidas como etapa do Sistema de Gestão Ambiental**

UBERLÂNDIA

29nov2018

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE ENGENHARIA QUÍMICA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA QUÍMICA

Thaís Fernandes Soares

**Reciclagem do vidro para embalagens de alimentos e
bebidas como etapa do Sistema de Gestão Ambiental**

**Monografia submetida à Universidade Federal de
Uberlândia como parte dos requisitos necessários na
disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso de
Engenharia Química.**

Orientador: Prof. Dr. Mauro Marques Burjaili

UBERLÂNDIA

2018

MEMBROS DA BANCA EXAMINADORA DA MONOGRAFIA DA DISCIPLINA
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO DE THAÍS FERNANDES SOARES
APRESENTADA À UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA, 30 DE
NOVEMBRO DE 2018.

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Mauro Marques Burjaili
Orientador - FEQUI/UFU

Prof.^a Márcia Gonçalves Coelho
FEQUI/UFU

Prof. Moilton Franco Ribeiro Junior
FEQUI/UFU

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por me conceder a graça de realizar essa conquista e ter sido minha fortaleza e meu guia durante esta caminhada.

Aos meus pais, Elaine e José Olivaldo, por todo o apoio, amor e confiança.

Ao meu irmão, Thiago, pelo companheirismo e incentivo.

Ao Prof. Mauro Marques Burjaili, pela orientação, dedicação e contribuição neste trabalho. E por ter sido além de meu professor e orientador, um amigo que me mostrou que podemos ir além da racionalidade, colocando sensibilidade e empatia em nossa formação profissional.

Aos meus amigos, pelo carinho, amizade e paciência. E em especial à Letícia, pela parceria e conversas durante todo o processo de realização deste trabalho.

Aos meus colegas de profissão e professores, por terem sido fundamentais em meu crescimento profissional e pessoal ao longo desta jornada.

E a todos, que contribuíram e fizeram parte, direta ou indiretamente, desta conquista, o meu eterno agradecimento.

“Seja a mudança que você quer ver no mundo”.

(GANDHI)

RESUMO

O vidro residuário é um material inerte e totalmente reciclável, podendo assim evitar danos ao meio ambiente e trazer economia no processo industrial de produção de embalagens. Além disso, poder ser reutilizável e ter sua geração reduzida. De modo a diminuir a sua quantidade despejada em depósitos e aterros, o que muitas das vezes é realizado inadequadamente. Este trabalho apresenta o processo de reciclagem de embalagens de vidro para alimentos e garrafas, como componente do Sistema de Gestão Ambiental, referenciando-se na norma ABNT ISO 14.001/2004 e levando em conta a hierarquia da gestão de resíduos sólidos, apresentada pela Política Nacional de Resíduos Sólidos – Lei nº 12.305. Utilizou-se neste trabalho a metodologia da pesquisa teórica e dos contatos com empresas. Abordam-se a composição, as propriedades e os tipos de vidro no uso destas embalagens, as leis e normas que regem o tema e os processos de reciclagem. Verificou-se que a reciclagem de embalagens de vidro para alimentos e garrafas ainda é rudimentar no Brasil, sendo necessário um envolvimento maior de entidades governamentais na logística reversa. A própria fábrica que utiliza ou produz suas embalagens realiza a reciclagem em parceria com fornecedores para obtenção dos cacos de vidros ou adotando iniciativas de logística reversa.

Palavras chave: Embalagens de vidro. Reciclagem. Gestão ambiental.

ABSTRACT

Residual glass is an inert and fully recyclable material, which can avoid damages to the environment and bring save on the industrial process of packaging production. Furthermore, it can be reusable and its generation reduced. In order to reduce their quantity dumped in deposits and landfills, which is often is performed improperly. This work presents the process of recycling glass packaging for food and drinks, as a component of the Environmental Management System, referenced in the ISO 14001 standard and taking into account the hierarchy of solid waste management, presented by the National Policy of Solid Waste - Law nº 12,305. The methodology of theoretical research and contacts with companies was used in this work. The composition, properties and types of glass in the use of these packaging, the laws and norms that govern the subject and the recycling processes too are approached. It was verified that the recycling of glass packaging for food and drinks is still rudimentary in Brazil, being necessary a greater involvement of governmental entities in the reverse logistics. The own factory that uses or produces its packaging performs the recycling in partnership with suppliers to obtain the shards of glass or adopting initiatives of reverse logistics.

Keywords: Glass packaging. Recycling. Environmental Management.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Volume específico x temperatura no resfriamento de um líquido fundido de materiais cristalinos e não cristalinos.	13
Figura 2 - Viscosidade x temperatura para alguns vidros.	14
Figura 3 - Conformação de um vidro através do processo soprado-soprado.	17
Figura 4 - Conformação de um vidro por prensado-soprado.	18
Figura 5 - Inovações na indústria de garrafas de vidros.	18
Figura 6 - Hierarquia do gerenciamento de resíduos sólidos.	20
Figura 7 - Logística Reversa.	21
Figura 8 - Modelo de gestão ambiental da norma NBR ISO 14001.	25
Figura 9 - Hierarquia da gestão de resíduos sólidos.	25
Figura 10 - Reutilização de embalagens de vidro.	26
Figura 11 - Máquina de coleta de garrafas retornáveis da Ambev.	27
Figura 12 - Ciclo produtivo das embalagens de vidro.	28
Figura 13 - Contêineres para separação de embalagens de vidros na Alemanha.	28
Figura 14 - Esquema representativo do processo de reciclagem de embalagens de vidro.	30
Figura 15 - Remoção de contaminantes e separação granulométrica de cascos.	31
Figura 16 - Moinho industrial com esteira.	32

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Tipos de vidro e suas respectivas aplicações.

16

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
2. O VIDRO	13
3. LEGISLAÇÃO	19
3.1. NBR ISO 14.001/2004 – Sistema de Gestão Ambiental	19
3.2. NBR ISO 10.004/2004	19
3.3. NBR 14910/2002 Versão Corrigida:2003	19
3.4. Portaria SVS/MS n. 27/1996	20
3.5. A Política Nacional de Resíduos Sólidos	20
Fonte: KARASKI ET AL (2016).	20
3.6. Política Ambiental da Universidade Federal de Uberlândia	22
3.7. Diretiva 94/62/CE (Legislação União Europeia)	23
3.8. Cradle to Cradle Certified™	23
4. SISTEMA DE GESTÃO AMBIENTAL	24
5. PROCESSO DE RECICLAGEM	30
5.1. Coleta dos resíduos	30
5.2. Separação (triagem e limpeza)	31
5.3. Moagem	32
5.4. Fundição	33
5.5. Fabricação	33
5.6. Recozimento e tratamento da superfície a frio	34
5.7. Inspeção	34
5.8. Paletização	35
6. CONCLUSÕES	36
REFERÊNCIAS	37

1. INTRODUÇÃO

A extração de recursos naturais e o consumo e produção de bens e serviços vêm aumentando significativamente devido aos padrões de consumo associados à vida moderna e às novas tecnologias, o que leva à vasta produção de resíduos sólidos (LANDIM et al., 2016).

Estes resíduos se acumulam cada vez mais em depósitos localizados nas zonas rurais e urbanas, muitas das vezes em grande quantidade e sem os devidos cuidados, causando um grande impacto ambiental, incluindo riscos sanitários.

Com o aumento da preocupação em relação à consciência ambiental, se fazem necessárias exigências cada vez mais rigorosas de órgãos ambientais. No Brasil, em 2010, foi implantada a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), que prescreve diretrizes relacionadas à gestão, bem como a responsabilidade compartilhada, na destinação adequada dos resíduos, dos diversos setores da sociedade relacionados a eles. O vidro residuário se inclui também na PNRS (BRASIL, 2010).

O vidro é um material 100% reciclável, inclusive por inúmeras vezes. Cabe ressaltar, conforme os princípios da gestão ambiental, que a reciclagem é uma etapa que deve ser precedida das etapas de reutilização e redução da geração do resíduo.

O Brasil produz anualmente cerca de 980 mil toneladas de embalagens de vidro, utilizando aproximadamente 45% de matéria-prima reciclada em forma de cacos (CEMPRE, 2018).

A inclusão de cacos de vidros traz benefícios, como a economia na energia. Quanto mais cacos de vidro se colocam no forno para derretimento, menor será a temperatura, ou seja, redução na energia gasta (informação verbal) ¹.

Outros benefícios utilizando cacos de vidro são a economia de água, redução na emissão de CO₂ e diminuição na extração de areia. Por exemplo, utilizando uma cota de 10% de cacos, reduzem-se cerca de 4% na energia gasta, 5% na emissão de CO₂ e 9,5% no consumo de água. No caso da areia, evita-se a extração de 1.300 Kg para cada tonelada de vidro reciclado (CEMPRE, 2018; PINTO-COELHO, 2009).

Em 2011, cerca de 47% das embalagens de vidro foram recicladas, o que corresponde a 470 mil ton/ano. Em países como a Alemanha, Suíça e EUA o índice de reciclagem das embalagens de vidro no ano de 2010, foi de 87, 95 e 40%, respectivamente (CEMPRE, 2018).

¹ Informação fornecida pela empresa multinacional Owens-Illinois (Água Branca – São Paulo/ SP), em 21 de setembro de 2018.

A Associação Brasileira das Indústrias Automáticas de Vidro (Abividro) propôs ao Ministério de Meio Ambiente, em 2011, um modelo inspirado em sistema adotado na Europa, onde uma entidade sem fins lucrativos ficaria responsável pelo gerenciamento e otimização da reciclagem do setor vidreiro, atendendo aos pontos da PNRS. Considerou-se a estimativa de que, em quatro anos, a reciclagem de vidros aumentaria para 50% e que o setor movimentaria financeiramente o país de 60 milhões/ano para cerca de 220 milhões/ano (BARBOSA, 2011). Porém, essa proposta não teve muita adesão, diferentemente do esperado, pois não houve envolvimento significativo de grandes consumidores e indústrias de bebidas. (VIALLI, 2016).

Já se estimou a possibilidade da reutilização das embalagens de vidro, uma vez que é segura sua reutilização por ele ser inerte e de fácil lavagem: 20% pela própria indústria, como a de bebidas, e 33% pelo mercado informal (LANDIM et al., 2016; POÇAS; FREITAS, 2003).

Este trabalho tem como objetivo o estudo da reciclagem de vidros para embalagem de alimentos e bebidas, não isoladamente, mas como componente da Gestão Ambiental, considerando os princípios da sustentabilidade harmônicos com os aspectos econômicos e técnicos.

No Capítulo 2, caracteriza-se o vidro. Além disso, apresentam-se informações sobre suas características e propriedades, processo de produção, aplicações e inovações do vidro.

Princípios da legislação são abordados no Capítulo 3.

No Capítulo 4, trata-se de fundamentos da gestão ambiental, situando-se a reciclagem dentro de uma hierarquia referenciada em um Sistema de Gestão Ambiental.

O Capítulo 5 aborda processos de reciclagem das embalagens de vidros nas indústrias de alimentos e bebidas no Brasil.

As conclusões e considerações são apresentadas no Capítulo 6.

A escrita deste trabalho está conforme publicação de Fuchs, Pinheiro e França (2013), por sua vez referenciada nas normas estabelecidas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT (2005).

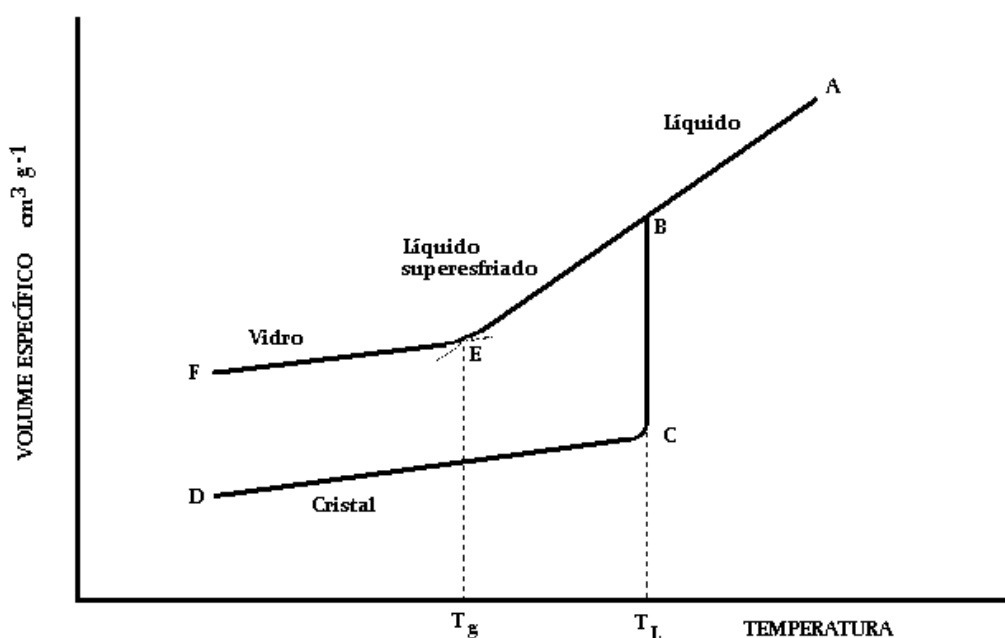
2. O VIDRO

O vidro é uma substância inorgânica, homogênea e amorfa, formado principalmente por óxidos de sílica e sódio, embora contenha outros elementos, tais como alumínio, potássio, magnésio e cálcio em sua composição final. Apresenta como principais características transparência e durabilidade. Sua obtenção ocorre por resfriamento de uma massa em fusão que, por meio do aumento da viscosidade, endurece até atingir a condição de rigidez, sem sofrer cristalização (PINTO-COELHO, 2009; LEMOS, 2012).

Segundo Mauro Akerman (2000), a melhor definição que auxilia na compreensão das características e propriedades do vidro, é que o vidro é um sólido, não cristalino, que apresenta o fenômeno de transição vítrea (AKERMAN, 2000).

Na Figura 1, pode-se observar a diferença entre os materiais cristalinos e os vidros (não cristalinos). Os materiais cristalinos (trecho DC), quando resfriados a partir do ponto A, ao atingir a temperatura de fusão T_L (ponto B) apresentam uma descontinuidade (trecho BC). Esse comportamento não ocorre com os vidros (trecho EF), que, com a diminuição da temperatura, a partir do ponto A, apresentam uma leve inclinação, a partir do ponto E, cuja abscissa é a temperatura de transição vítrea T_g . Assim, abaixo de T_g o material é vidro (trecho EF); acima, é líquido superesfriado (trecho EB) (BURJAILI, 2017).

Figura 1 - Volume específico x temperatura no resfriamento de um líquido fundido de materiais cristalinos e não cristalinos.

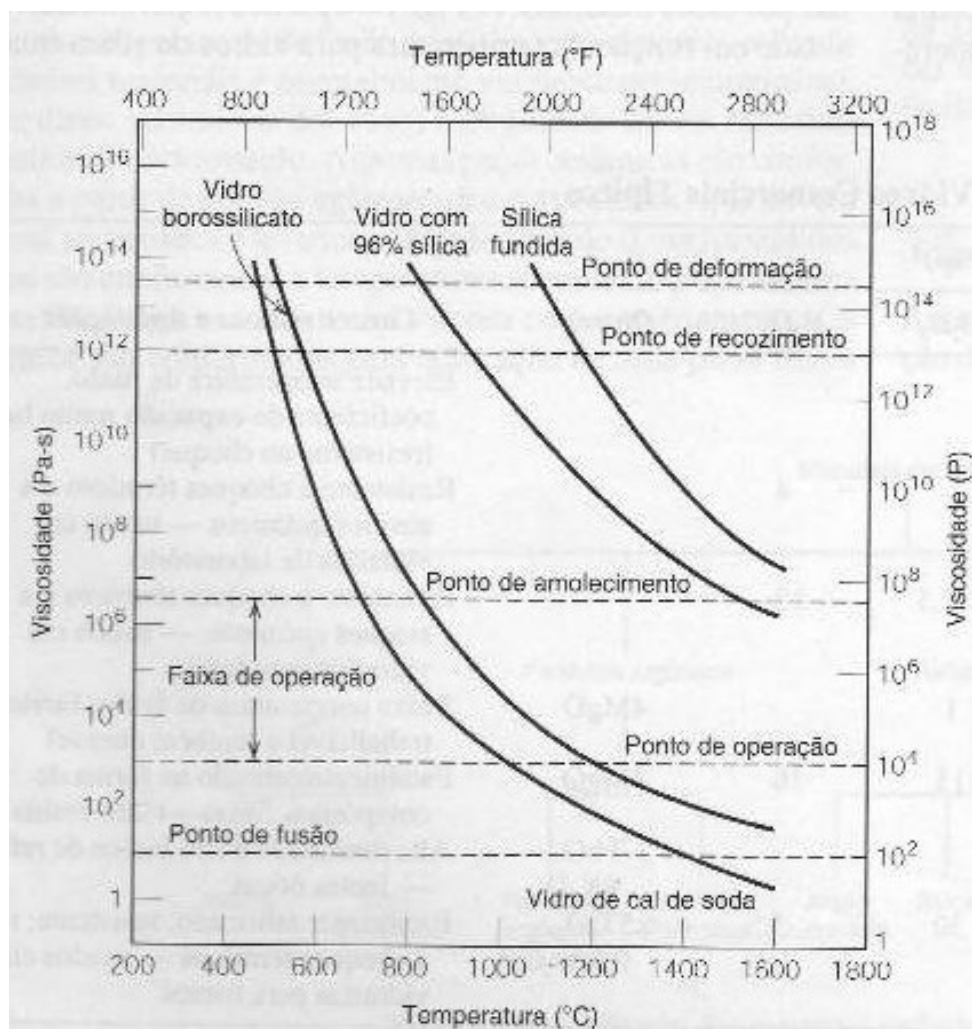


Fonte: AKERMAN (2000).

Nos processos de elaboração e conformação do vidro, a viscosidade é uma das propriedades mais importantes. Ela define as condições de fusão, as temperaturas de trabalho, de recozimento e máxima de utilização, o comportamento de afinagem (remoção de bolhas do banho) e a taxa de devitrificação (tratamento térmico que transforma o vidro de um estado não-cristalino para um estado parcialmente cristalizado). (AKERMAN, 2000).

A viscosidade apresenta variação significativa com a composição e temperatura, como mostrado na Figura 2, necessária para operações de conformação.

Figura 2 - Viscosidade x temperatura para alguns vidros.



Ponto de fusão: vidro fluido o suficiente para ser considerado líquido.

Ponto de operação: vidro facilmente deformado.

Ponto de amolecimento: $T_{\text{máxima}}$ de manuseio sem alterações.

Ponto de recozimento: difusão atômica é suficientemente rápida, tal que tensões residuais removíveis em intervalo de 15min.

Ponto de deformação: abaixo dele ocorre fratura antes de deformação plástica.

Fonte: ADAPTADO DE CALLISTER (2002).

Outras propriedades importantes do vidro são a resistência mecânica, a resistência ao choque térmico, a durabilidade química e sua coloração. Quanto à resistência mecânica, o vidro, embora frágil (resistente à deformação plástica), apresenta grande resistência à ruptura. Ele também é duro (resistência ao desgaste) e rígido (resistente à deformação elástica), mas não é tenaz (energia para rompimento). Para aumentar a resistência mecânica da garrafa de vidro, por exemplo, pode-se aplicar uma camada de vidro maior nas regiões preferenciais de contato - onde ocorrem mais choques e atritos que provocam fissuras -, protegendo o corpo da garrafa (AKERMAN, 2000; BURJAILI, 2017).

O vidro também apresenta um grau de isolamento térmico. Quando, por exemplo, se coloca um líquido quente dentro de um recipiente de vidro, a sua superfície em contato com o líquido dilata-se, enquanto que a superfície externa (fria), “resiste” à dilatação. Em consequência, surgem tensões de tração na superfície externa, as quais, se superarem o Limite de Resistência à Tração (LRT), provocarão o rompimento do vidro. Conclui-se, portanto, que maior será a resistência do vidro a alterações elevadas de temperatura quanto menor for a dilatação térmica (AKERMAN, 2000).

A durabilidade química de um vidro depende de sua composição e do contato com uma solução aquosa: (i) quanto mais alcalinos o vidro contiver, mais solúvel ele será e (ii) os vidros são bem resistentes a soluções ácidas e levemente básicas ($\text{pH} < 9$) (AKERMAN, 2000).

A coloração do vidro não é realizada somente para atrair consumidores. Certos tipos de cores podem impedir a penetração de radiação solar na faixa do infravermelho (IV) ou do ultravioleta (UV). Por exemplo, ocorre a opacidade à da radiação UV quando se emprega a cor verde nas garrafas de vinho e cor âmbar nas garrafas de cerveja (PINTO-COELHO, 2009).

Nas embalagens de alimentos e bebidas, o vidro é muito usado pelo fato de ser inerte; impermeável a gases, umidade, odores e micro-organismos; permitir modelagem em vários formatos e cores; apresentar transparência para visibilidade do produto e além de ser totalmente reciclável (GAVA; SILVA; FRIAS, 2008).

O Quadro 1 mostra os principais tipos de vidro e suas aplicações. Cabe destacar o vidro sodo-cálcico, também conhecido como vidro oco ou vidro cal de soda, que é o tipo mais comum de vidro, bastante utilizado nas embalagens de alimentos e bebidas e o mais encontrado nos depósitos de reciclagem (PINTO-COELHO, 2009).

Quadro 1 - Tipos de vidro e suas respectivas aplicações.

Tipo de Vidro	Aplicações
Sílica Vítrea	Indústria aero-espacial, telescópios, fibras óticas
Sodo-Cálcico (vidro oco)	Embalagens (bebidas, alimentos, higiene e beleza, farmacêutica), indústria automobilística, construção civil e eletrodomésticos (na forma de vidros não planos)
Borossilicato	Utensílios resistentes a choque térmico
Ao chumbo	“Cristais”: copos, taças, ornamentos e peças artesanais
Vidros planos	Vidro temperado, laminado (ou blindado), de controle solar, espelhos

Fonte: Adaptado de PINTO-COELHO (2009).

Segundo a legislação, os tipos de vidro que podem ser utilizados para contato direto com alimentos e bebidas são somente o vidro borossilicato, o sodo-cálcico e o cristal (com teor mínimo de 10% de um ou mais dos seguintes metais: chumbo, bário, potássio, zinco, expressos como óxido) (SVS/MS, 1996).

A multinacional Owens-Illinois, maior fabricante de embalagens de vidro do mundo e preferida para parceria das marcas líderes de bebidas e alimentos, utiliza somente o vidro sodo-cálcico para fabricação de embalagens alimentícias (informação verbal) ².

Os vidros borossilicato apresentam maior ponto de fusão e acabam não fundindo direito, causando problemas na qualidade do vidro e criando as chamadas “pedras” (incrustações). Já os vidros cristalinos não são utilizados pela empresa, por apresentar alto teor de metais pesados, o que limita seu uso em contato com alimentos devido a implicações na saúde (informação verbal) ³.

As etapas envolvidas na fabricação do vidro sodo-cálcico são: preparação da composição, fusão, conformação e recozimento. Na preparação da composição, as matérias-primas (a maioria granulada) são conduzidas a um misturador e se obtém uma mistura homogênea. Posteriormente, essa mistura é encaminhada para o forno de fusão, ocorrendo a fusão a altas temperaturas, formando-se a massa fundida de vidro (LEMOS, 2012).

² Informações fornecidas pela empresa multinacional Owens-Illinois (Água Branca – São Paulo/ SP), em 24 de setembro de 2018.

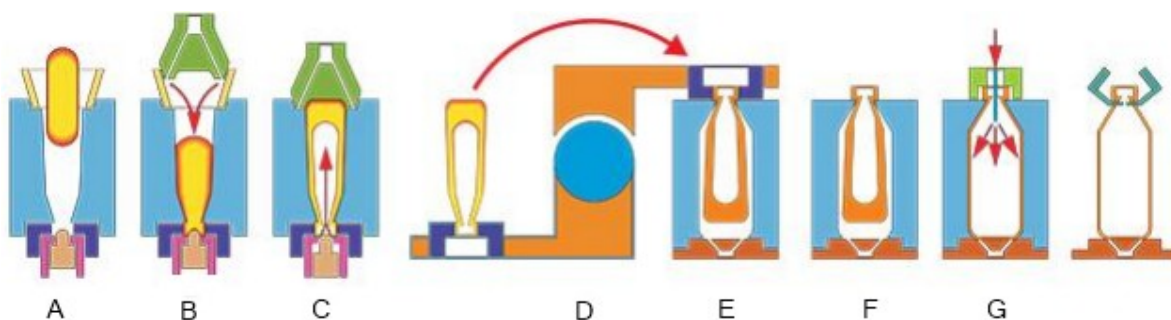
³ Informações fornecidas pela empresa multinacional Owens-Illinois (Água Branca – São Paulo/ SP), em 24 de setembro de 2018.

A massa fundida de vidro é conduzida para máquinas de conformação e transformada em um produto final, através do processo soprado-soprado ou prensado-soprado.

O processo soprado-soprado ocorre conforme ilustrado na Figura 3, e divide-se em duas etapas (PINTO-COELHO, 2009; GAVA; SILVA; FRIAS, 2008; MANOEL, 2010):

- Formação do parison, que é a forma inicial do molde, ou seja, a pré-forma da embalagem final: (a) uma “gota”, quantidade de vidro necessária para a obtenção do produto final, cai dentro do contra-molde (A) e forma o gargalo, após compressão por ar (B); (b) ar é soprado no gargalo, resultando no vazio da embalagem (C).
- Formação da embalagem: (a) inversão e transferência do Parison (D) para outro molde (E); (b) repouso do parison por um tempo (F), até que a “pele” do vidro se reaqueça novamente; (c) ar é soprado no parison (G), empurrando a massa de vidro fundido contra o molde, dando o formato final do produto.

Figura 3 - Conformação de um vidro através do processo soprado-soprado.



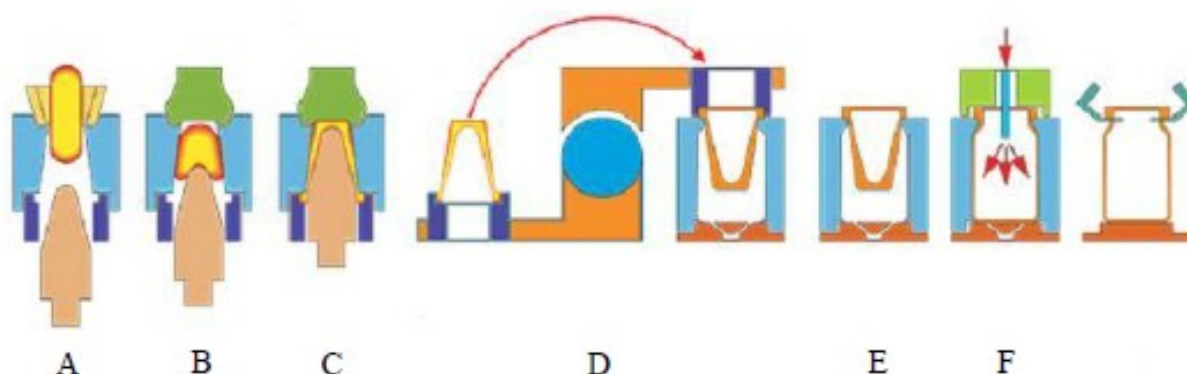
Fonte: Adaptado de MANOEL (2010).

No processo prensado-soprado, ilustrado na Figura 4, diferentemente do processo soprado-soprado, o parison é obtido pela ação de um punção metálico (A). A “gota” é despejada no molde e, em seguida, o punção metálico empurra, ou seja, prensa o vidro ao contramolde conferindo-lhe a sua pré-forma (B e C). A última parte (D, E e F) é semelhante ao processo soprado-soprado. Este método, no caso de embalagem de alimentos, é mais indicado para processos de formação de potes (PINTO-COELHO, 2009; MANOEL, 2010).

Para ambos os processos, após a conformação, a embalagem segue para a última etapa do processo, o recozimento. Esta etapa é realizada em fornos do tipo túnel, onde o produto de vidro passa por aquecimento e resfriamento lento até alcançar a temperatura ambiente, com o

objetivo de alívio das tensões que surgiram durante o processo de conformação. Logo após, o produto passa por inspeção e controle de qualidade (ABIVIDRO, 2018).

Figura 4 - Conformação de um vidro por prensado-soprado.

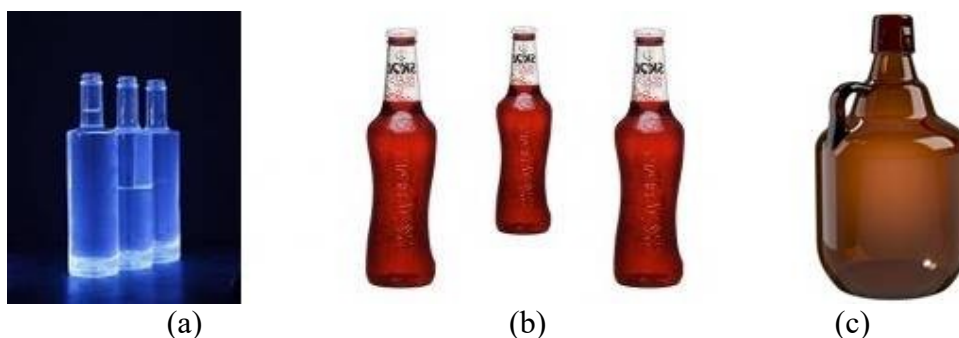


Fonte: Adaptado de MANOEL (2010).

As indústrias de vidro para o setor de embalagens vêm procurando inovar na redução de peso e em novos sistemas de vedação e segurança. A multinacional Verallia, uma das maiores produtoras de embalagens em geral no Brasil, lançou a linha ECOVA de garrafas - elas são 30% mais leves do que as tradicionais, o que reduz o uso de recursos naturais e os impactos ambientais (redução na emissão de CO₂) durante o processo de produção (VERALLIA, 2018).

No campo das inovações, em 2014, a empresa Verallia lançou as garrafas com vidro fluorescente completamente transparentes, à luz do dia, e com azul intenso fluorescente, à luz negra (Figura 5a). No ano de 2016, a empresa Owens-Illinois trouxe ao mercado a primeira garrafa de vidro vermelha, e com o benefício da produção em larga escala a um custo competitivo (Figura 5b). Em 2017, a Owens-Illinois lançou o primeiro *growler* de vidro produzido no Brasil, um garrafão no segmento de cervejas retornável, proporcionando o consumo econômico e sustentável da cerveja (Figura 5c) (ABRE, 2014, 2016, 2017).

Figura 5 - Inovações na indústria de garrafas de vidros.



Fonte: Adaptado de ABRE (2014, 2016, 2017).

3. LEGISLAÇÃO

3.1. NBR ISO 14.001/2004 – Sistema de Gestão Ambiental

A ISO – International Organization for Standardization (Organização Internacional de Normalização) – é uma entidade que elabora normas e padrões de produtos e serviços para que a qualidade seja sempre mantida. Ela conta com mais de 100 países associados, tendo no Brasil a ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) como sua representante.

A norma ABNT NBR ISO 14001/2004 foi criada para auxiliar e permitir às organizações desenvolver e executar políticas e objetivos dentro de um sistema de gestão ambiental, acatando os requisitos legais e comprometendo-se com a preservação do meio ambiente (ABNT NBR 14001, 2004).

Esta norma será mais detalhada no próximo capítulo, Sistema de Gestão Ambiental.

3.2. NBR ISO 10.004/2004

A norma ABNT NBR ISO 10.004/2004 determina a classificação dos resíduos sólidos fundamentados em sua origem, propriedades e aos seus riscos ao meio ambiente, para que se obtenha um controle adequado dos mesmos (ABNT NBR 10.004, 2004).

Os vidros são classificados como Resíduos Classe II B – Inertes, pois, possuem baixa capacidade de reação e não sofrem alterações em sua composição com o passar do tempo.

3.3. NBR 14910/2002 Versão Corrigida:2003

Esta norma estabelece condições, como propriedades físicas, dimensionais e de resistência mecânica, parâmetros e avaliações para aceitação e rejeição, e metodologias de ensaio para embalagens de vidro – potes, garrafas, frascos e copos – de alimentos e bebidas (ABNT NBR 14.910, 2002).

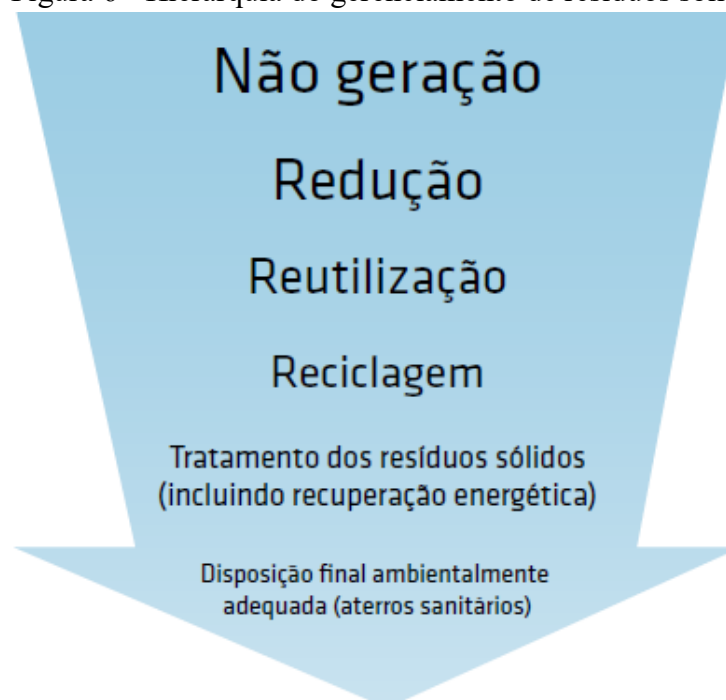
3.4. Portaria SVS/MS n. 27/1996

A Secretaria da Vigilância Sanitária do Ministério da Saúde (SVS/MS) emitiu este regulamento técnico que se aplica às embalagens de vidro em contato direto com alimentos e bebidas, seja por períodos breves ou longos. O regulamento descreve os tipos de vidros que podem ser usados nas embalagens e equipamentos: vidro borossilicato, vidro sodo-cálcico e cristal, incluindo o vidro reciclado desses materiais. Também descreve o método de ensaio para determinação de migração total de resíduos e migração específica de metais pesados, para não ser ultrapassado o limite permitido (SVS/MS, 1996).

3.5. A Política Nacional de Resíduos Sólidos

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), aprovada no ano de 2010, apresenta princípios, objetivos e diretrizes para a gestão dos resíduos sólidos (BRASIL, 2010). A Figura 6 descreve a hierarquia do gerenciamento de resíduos sólidos, regulamentada pela PNRS, que mostra a Reciclagem como uma etapa do gerenciamento e a prioridade da Não geração de resíduos.

Figura 6 - Hierarquia do gerenciamento de resíduos sólidos.



Fonte: KARASKI ET AL (2016).

Pela primeira vez, em seu artigo 3º, incisos XV e XVI, foi apresentada a diferença entre rejeitos e resíduos sólidos:

rejeitos: resíduos sólidos que, depois de esgotadas todas as possibilidades de tratamento e recuperação por processos tecnológicos disponíveis e economicamente viáveis, não apresentem outra possibilidade que não a disposição final ambientalmente adequada.

resíduos sólidos: material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d'água, ou exijam para isto soluções técnica ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível (BRASIL, 2010).

A partir desta lei, fica permitida a disposição final (Figura 6) apenas para os rejeitos.

Um dos seus destaques é a logística reversa, ilustrada na Figura 7.

Figura 7 - Logística Reversa.



Fonte: RODRIGUES, 2015.

A logística reversa abrange o conceito da responsabilidade compartilhada, envolvendo todos os setores em relação ao destino final adequado dos resíduos gerados por seus produtos, levando em consideração a minimização de rejeitos e resíduos sólidos, e a minimização dos

impactos à saúde humana e ao meio ambiente (BRASIL, 2010). Como mencionado em seu artigo 3^a, inciso XVII:

responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos: conjunto de atribuições individualizadas e encadeadas dos fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes, dos consumidores e dos titulares dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo dos resíduos sólidos, para minimizar o volume de resíduos sólidos e rejeitos gerados, bem como para reduzir os impactos causados à saúde humana e à qualidade ambiental decorrentes do ciclo de vida dos produtos, nos termos desta Lei (BRASIL, 2010).

A PNRS inclui o vidro residuário, em particular no seu artigo 33º, § 1º:

Na forma do disposto em regulamento ou em acordos setoriais e termos de compromisso firmados entre o Poder Público e o setor empresarial, os sistemas previstos no *caput* serão estendidos a produtos comercializados em embalagens plásticas, metálicas ou de vidro, e aos demais produtos e embalagens, considerando, prioritariamente, o grau e a extensão do impacto à saúde pública e ao meio ambiente dos resíduos gerados (BRASIL, 2010).

Vale ressaltar que, após quase oito anos desde sua implementação, a PNRS ainda não atingiu seus objetivos (informação verbal) ⁴.

Segundo uma avaliação realizada pelo Ministério da Transparência e Controladoria-Geral da União (2018), a implantação da disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos (aterros sanitários), eliminando todos os lixões do país, somente será possível se o Governo Federal priorizar a PNRS, assim como Estados e Municípios tiverem uma participação maior buscando atuar conjuntamente (CGU, 2018).

3.6. Política Ambiental da Universidade Federal de Uberlândia

No ano de 2012, foi feita a institucionalização de uma política ambiental na Universidade Federal de Uberlândia (UFU), elaborada com base nos princípios do sistema de gestão ambiental. A política ambiental é uma resolução do conselho universitário (Resolução nº26/2012) que apresenta um conjunto de princípios e diretrizes que visam ao

⁴ Informação fornecida pela empresa multinacional Owens-Illinois (Água Branca – São Paulo/ SP), em 21 de setembro de 2018.

desenvolvimento sustentável da universidade e da sociedade, através de implementações ou adaptações das ações institucionais. Seu princípio básico consta do artigo 3º:

A UFU se compromete a agir em prol da prevenção da poluição e da conservação e restauração do meio ambiente, atendendo aos requisitos legais aplicáveis e transcendê-los, como forma de exemplo, quando possível, proporcionando a melhoria contínua do seu desempenho ambiental, para o desenvolvimento sustentável, em todos os seus espaços de atuação (CONSUN UFU, 2012, p. 2).

3.7. Diretiva 94/62/CE (Legislação União Europeia)

A Diretiva 94/62/CE é específica para embalagens e seus resíduos, indicando medidas aos Estados-Membros para prevenção da produção de seus resíduos, fundamentando-se nos processos de redução, reutilização e reciclagem. Além disso, a diretiva define condições para fabricação e composição das embalagens, assim como também para sua reciclagem (JURAS, 2012).

3.8. Cradle to Cradle Certified™

A Cradle to Cradle Certified™ é uma certificação internacional concedida pelo Cradle to Cradle Products Innovation Institute (C2CPPI) nos Estados Unidos, que avalia a inovação em produtos e processos de fabricação, levando em conta o princípio da sustentabilidade. A certificação possui cinco níveis: básico, bronze, prata, ouro e platina; e tem como base cinco pilares: materiais saudáveis (termo empregado para avaliação de possíveis riscos à saúde humana e ambiental de substâncias químicas no produto durante todo o seu ciclo de vida) e reutilizáveis, gerenciamento de água, uso da energia renovável e justiça social (ABIVIDRO, 2018; CTE, 2018).

No Brasil, o Centro de Tecnologia de Edificações (CTE) é um organismo de avaliação acreditado pelo C2CPPI para executar o processo de consultoria de análise e avaliação dos produtos das empresas que desejam obter esta certificação. A empresa Owens-Illinois (O-I), em julho de 2018, foi à primeira indústria de alimentos e bebidas (A&B) a receber esta certificação, por alcançar a classificação de ouro em saúde do material em todo o ciclo de vida das embalagens (ABIVIDRO, 2018; CTE, 2018).

4. SISTEMA DE GESTÃO AMBIENTAL

O Sistema de Gestão Ambiental (SGA) é um conjunto de procedimentos para orientar ou administrar uma organização em relação a questões ambientais, tendo como objetivo o desenvolvimento sustentável (BASSI, 2015).

Um dos modelos de gestão ambiental mais utilizado no mundo todo – e que apresenta como finalidade o equilíbrio entre a proteção ambiental e a prevenção da poluição com as necessidades socioeconômicas – é a norma NBR ISO 14.001 (2004), mencionada no Capítulo anterior, da legislação, no item 3.1 (OLIVEIRA E PRINHEIRO, 2010; ABNT NBR 10.004, 2004).

Essa norma não é uma imposição legal, como no caso de um licenciamento – procedimento administrativo realizado pelo órgão ambiental competente, federal, estadual ou municipal, para licenciar a instalação, ampliação, modificação e operação de atividades e empreendimentos que utilizam recursos naturais, ou que sejam potencialmente poluidores ou que possam causar degradação ambiental.

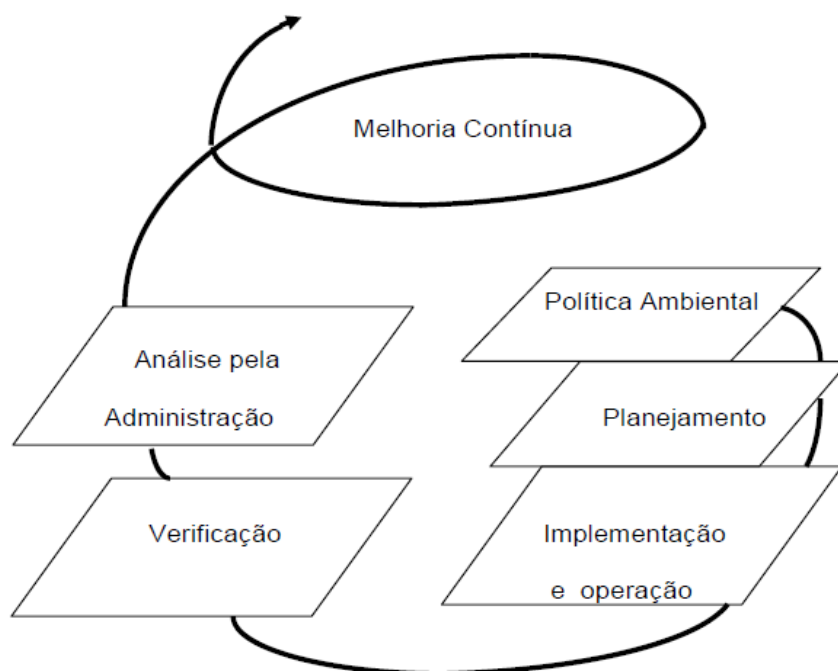
A norma NBR ISO 14.001 (2004) consta de uma certificação que qualifica a instituição que a adota, sendo obtida através de auditorias para verificar se o Sistema de Gestão Ambiental atende aos requisitos listados na norma, possuindo validade de três anos (FEPAM, 2018; RIEKSTI, 2018).

O método em que a norma NBR ISO 14.001 (2004) se baseia é conhecido como Plan-Do-Check-Act (PDCA), ou seja, Planejar-Executar-Verificar-Agir. Estas ações são definidas a seguir:

- Planejar: Estabelecer os objetivos e processos necessários para atingir os resultados em concordância com a política ambiental da organização.
- Executar: Implementar os processos.
- Verificar: Monitorar e medir os processos em conformidade com a política ambiental, objetivos, metas, requisitos legais e outros, e relatar os resultados.
- Agir: Agir para continuamente melhorar o desempenho do sistema da gestão ambiental.

O método utiliza essas ações com o objetivo de efetuar o controle e a melhoria contínua de processos e produtos, conforme ilustrado na Figura 8 (ABNT NBR 10.004, 2004).

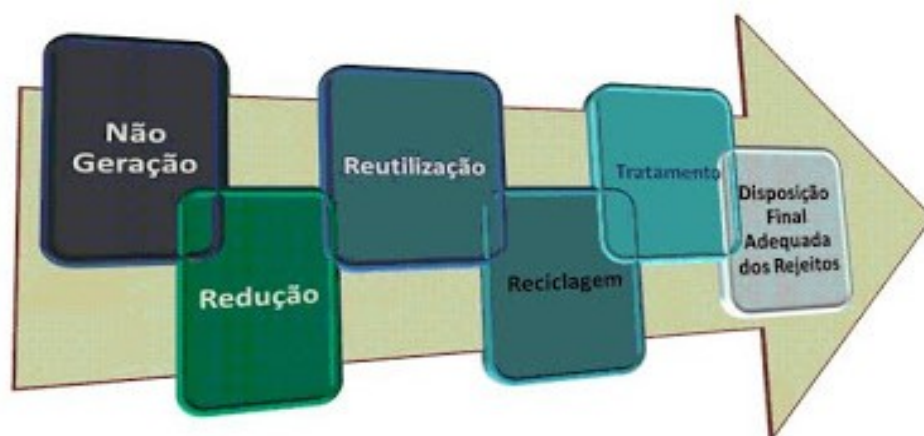
Figura 8 - Modelo de gestão ambiental da norma NBR ISO 14001.



Fonte: ABNT NBR 14001 (2004).

A hierarquia da gestão de resíduos sólidos, parte integrante da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), tem a reciclagem presente conforme ilustra a Figura 9, que estabelece hierarquicamente não gerar, reduzir, reutilizar e, só depois, reciclar.

Figura 9 - Hierarquia da gestão de resíduos sólidos.



Fonte: COSTA (2012).

Os itens da hierarquia são definidos, segundo a PNRS (2010), como:

- Não geração: não produção de resíduos.
- Redução: redução da geração do produto.

- Reutilização: reaproveitamento dos resíduos sem necessidade de tratamentos que transformem suas propriedades biológicas, físicas ou químicas.
- Reciclagem: processos de transformação das propriedades biológicas, físicas ou químicas dos resíduos, visando à transformação em insumos ou novos produtos.
- Tratamento: redução da toxicidade de um material a ser encaminhado pra disposição final.
- Disposição final adequada: distribuição final adequada dos rejeitos em aterros, seguindo normas específicas para fins de segurança da saúde da população e do meio ambiente.

O conceito da não geração está relacionado à eficiência de todo o processo produtivo e serviços com o uso de tecnologias avançadas e inovadoras. Entende-se por eficiência realizar o melhor uso de alguma coisa gastando-se o mínimo possível (PORTAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS, 2013). A não geração de resíduos, o consumo consciente e a procura por melhores alternativas levam à redução (BASSI, 2015).

O processo de reutilização possibilita que o objeto seja utilizado novamente para diversos fins, sem sofrer reprocessamento. As embalagens de vidro para alimentos ou bebidas, como potes, copos e garrafas, após o consumo e devidamente limpados podem ser reutilizados como objetos de decoração ou para guardar outros alimentos, por exemplo. A Figura 10 ilustra exemplos de reúso de embalagens de vidro.

Figura 10 - Reutilização de embalagens de vidro.



Fonte: SUSTENTARQUI (2016).

Outro método de reutilização de embalagens de vidros são as embalagens retornáveis, que retornam as fábricas, são lavadas e reutilizadas para o mesmo fim. As empresas que utilizam estes produtos podem fazer campanhas ou ter pontos de arrecadações fazendo com que os consumidores retornem estas embalagens para as fábricas ao invés de descartá-las. A empresa Ambev (Companhia de Bebidas das Américas), por exemplo, disponibiliza máquinas próprias de coleta de garrafas retornáveis, onde o consumidor deposita o casco vazio e ganha em troca um ticket de desconto para a compra de outra garrafa retornável, como mostra a Figura 11 (EMBALAGEM MARCA, 2017).

Figura 11 - Máquina de coleta de garrafas retornáveis da Ambev.



Fonte: EMBALAGEM MARCA (2017).

Na reciclagem, os resíduos de produtos não mais utilizados, que seriam descartados, são recolocados no ciclo produtivo como matéria-prima para a obtenção de novos produtos (LOMASSO et al, 2015). A Figura 12 mostra o ciclo produtivo das embalagens de vidro.

Cabe ressaltar que a Alemanha é o país que mais recicla no mundo. Há um conjunto de requisitos que devem ser seguidos para cada tipo de material descartado, além de contêineres específicos e calendários anuais de coleta. No caso das garrafas ou embalagens de vidro, elas são descartadas em contêineres apropriados, que são divididos nos três tipos principais: transparente, verde e marrom, conforme mostrado na Figura 13 (DW BRASIL, 2017).

Figura 12 - Ciclo produtivo das embalagens de vidro.



Fonte: NERY (2016).

Figura 13 - Contêineres para separação de embalagens de vidros na Alemanha.



Fonte: MARCONDES (2016)

No desenvolvimento deste trabalho, foram realizados diversos contatos com algumas empresas que fabricam embalagens de vidro para alimentos e bebidas no Brasil. Verificou-se que nenhuma delas adota a norma NBR ISO 14.001.

Por exemplo, a empresa Ambev possui seu próprio sistema de Gestão Ambiental, o VPO (Voyager Plant Optimisation), focado rigorosamente em resultados, empregando cinco pilares: Gente, Gestão, Manutenção, Segurança e Meio Ambiente (informação verbal) ⁵.

Já a Owens-Illinois segue os princípios da norma NBR ISO 14.001, mas não possui a certificação, por opção (informação verbal) ⁶.

Quanto à Política Ambiental, que deve balizar o planejamento das ações em prol do meio ambiente, verificou-se que sua adoção apresenta insucessos mesmo com a criação da PNRS. Na Universidade Federal de Uberlândia (UFU), por exemplo, mesmo com uma Política Ambiental aprovada no Conselho Superior, as etapas de planejamento e implementação não ocorreram até a presente data, mostrando um não envolvimento tanto da administração superior quanto das diversas áreas de conhecimento da universidade (COELHO, MARAGNO, BURJAILI, 2016; CONSUN UFU, 2012).

⁵ Informação fornecida pela empresa Ambev Vidros (Campo Grande, Rio de Janeiro/RJ), em 11 de outubro de 2018.

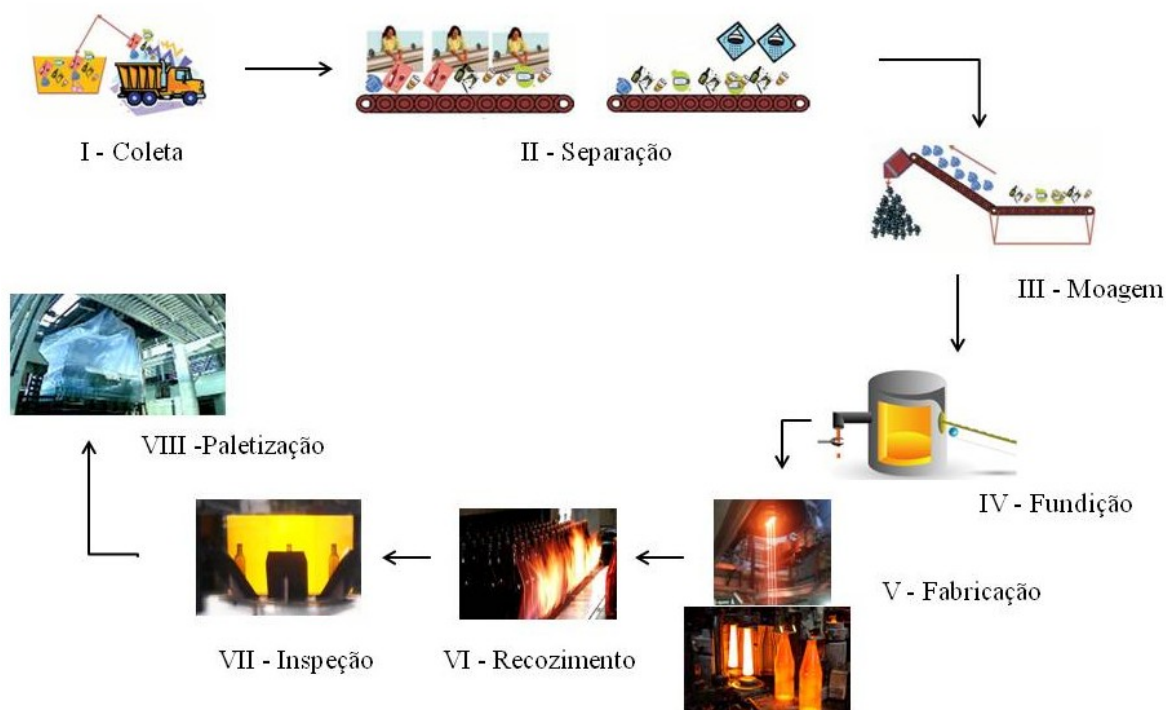
⁶ Informação fornecida pela empresa multinacional Owens-Illinois (Água Branca – São Paulo/ SP), em 08 de outubro de 2018.

5. PROCESSO DE RECICLAGEM

Apresenta-se o processo de reciclagem de vidro para embalagens de alimentos e bebidas, incluindo procedimentos adotados por empresas do ramo. Esses procedimentos foram obtidos nos contatos realizados com essas empresas, durante a realização deste trabalho.

Na Figura 14, apresentam-se as etapas desse processo descritas nos itens a seguir.

Figura 14 - Esquema representativo do processo de reciclagem de embalagens de vidro.



Fonte: A autora.

5.1. Coleta dos resíduos

No desenvolvimento do trabalho, tanto nos contatos com indústrias como na literatura, verificou-se que não há empresas exclusivas de reciclagem de vidro para embalagens de alimentos e bebidas. A própria fábrica que utiliza ou produz estas embalagens, realiza o processo em parceria com fornecedores para obtenção dos cacos de vidros ou adotando iniciativas de logística reversa.

A empresa Owens-Illinois, por exemplo, conta com a parceria de três empresas para realizar a logística reversa das embalagens. Essas empresas concentram volume de cacos de vidro em cooperativas e através do “canal frio” (bares, restaurantes, hotéis, etc.). A empresa desenvolve ações educativas nas cooperativas, visando mostrar a importância da reciclagem do vidro e sua rentabilidade no mercado financeiro (informação verbal) ⁷.

A empresa Ambev Vidros, por exemplo, apresenta captação em torno de 54000 ton/ano de cacos de vidro, oriundos de cooperativas e das suas próprias cervejarias (subprodutos do processo) (informação verbal) ⁸.

5.2. Separação (triagem e limpeza)

Esta etapa (II) é uma das mais importantes e que exige maior atenção dentre todas do processo de reciclagem, pois todo o restante do processo depende dela (LEMOS, 2012).

Após o processo de coleta, segue-se a separação (II), etapa de remoção dos contaminantes (metais, cerâmicas, espelhos, tampas, rótulos, materiais orgânicos, entre outros) e separação granulométrica. Na Figura 15, apresenta-se um esquema para embalagens de bebidas vazias (cascos).

Figura 15 - Remoção de contaminantes e separação granulométrica de cascos.

CASCO NÃO TRATADO		
↓	Separação granulométrica	Serieção por tamanho
	Separação manual	Remoção de lixo
	Ciclones	Remoção de contaminantes orgânicos
	Separador magnético	Remoção de metais ferrosos
	Corrente indutiva	Remoção de metais não ferrosos
	Corrente de ar comprimido após detecção por interferência laser	Materiais cerâmicos
CASCO TRATADO		

Fonte: POÇAS E FREITAS, 2003.

⁷ Informação fornecida pela empresa multinacional Owens-Illinois (Água Branca – São Paulo / SP), em 21 de setembro de 2018.

⁸ Informação fornecida pela empresa Ambev Vidros (Campo Grande – Rio de Janeiro / RJ), em 11 de outubro de 2018.

Os cacos de vidros, para serem utilizados novamente na indústria, não podem apresentar contaminantes, pois eles comprometem a etapa de derretimento no forno de fusão, gerando problemas no produto final (informação verbal⁹; PINTO-COELHO, 2009).

Assim, através das beneficiadoras - usinas que fazem o beneficiamento dos cacos -, realiza-se o tratamento deles, separando o contaminante do vidro. Em seguida, o vidro é submetido à operação de limpeza. Tanto a operação de separação quanto a de lavagem são realizadas manual e mecanicamente.

Os vidros utilizados em embalagens necessitam passar também por uma triagem de separação de cor. Isso se deve ao fato de, por exemplo, a produção de garrafas de uma só cor exigir emprego de cacos da mesma cor. Os resíduos de vidro, no processo de triagem, são principalmente os incolores e os de cor âmbar (marrom) e verde (LINO, 2011).

5.3. Moagem

Posteriormente, ocorre a etapa de moagem (III). O material é levado a um moinho industrial através de esteiras rolantes, transformando-o em cacos de vidros.

A Figura 16 mostra um moinho industrial com esteira para trituração do vidro.

Figura 16 - Moinho industrial com esteira.



Fonte: https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-994575287-triturador-de-vidros-com-esteira-_JM

⁹ Informação fornecida pela empresa multinacional Owens-Illinois (Água Branca – São Paulo / SP), em 21 de setembro de 2018.

5.4. Fundição

Na etapa de fundição (IV), os cacos de vidros são transportados até o forno para serem adicionados à composição ou mistura vitrificável do vidro virgem previamente preparada em um misturador.

A empresa Verallia, por exemplo, utiliza a seguinte composição no seu vidro virgem para embalagens: 71% de areia, 14% soda sob a forma de carbonato de sódio, 11% de calcário e 4% de diversos componentes que proporcionam a coloração do vidro (VERALLIA, 2018).

A empresa Owens-Illinois, por exemplo, adiciona uma pequena quantidade de vidro plano juntamente com as outras matérias-primas para produção das embalagens. Este procedimento visa aumentar o volume (dar enchimento) da embalagem final (informação verbal).¹⁰

A mistura, composta por vidro reciclado e vidro virgem, é fundida em fornos com temperaturas que variam entre 1450 a 1600°C.

Estes fornos são fabricados com materiais refratários capazes de suportarem as altas temperaturas, e o combustível utilizado é o gás natural (MANOEL, 2010).

Segundo a empresa Verallia, o processo de fundição leva em torno de 24 horas (VERALLIA, 2018).

5.5. Fabricação

Após ser fundido, ocorre a etapa de fabricação do vidro (V). O vidro é transportado em forma de fio por feeders (canais de distribuição) até as máquinas IS - máquinas de conformação (moldagem) do vidro. Os feeders têm como finalidade controlar a temperatura do vidro de acordo com as exigências do processo (VERALLIA, 2018; VIDROPORTO EMBALAGENS, 2018).

Na extremidade do feeder, há um orifício na parte de baixo por onde sai o vidro. O vidro quando é empurrado para fora através do orifício, formando uma gota, ao mesmo tempo

¹⁰ Informação fornecida pela empresa multinacional Owens-Illinois (Água Branca – São Paulo / SP), em 21 de setembro de 2018.

esta gota é cortada por um par de lâminas metálicas e conduzida a um dos moldes da máquina de onde é realizada a conformação (VIDROPORTO EMBALAGENS, 2018).

A conformação é a operação de obtenção da embalagem final com a forma pretendida. Esta operação pode ser realizada por meio dos processos soprado-soprado ou prensado-soprado – processos descritos e ilustrados no capítulo 2.

5.6. Recozimento e tratamento da superfície a frio

Esta etapa (VI) é realizada por um tratamento de superfície aplicado a quente nas embalagens, assim que estas saem das máquinas IS, para adquirir maior resistência aos riscos superficiais. Em seguida, são reaquecidas e arrefecidas gradualmente em um forno-túnel denominado Arca de Recozimento, para homogeneização da estrutura do vidro, ou seja, alívio das tensões internas da embalagem que a tornariam frágil e fácil de quebrar (VERALLIA, 2018).

O último tratamento efetuado na embalagem é a frio, realizado na saída da arca de recozimento, consistindo em um novo revestimento de polietileno, para tornar as embalagens mais resistentes aos danos (VERALLIA, 2018).

5.7. Inspeção

Após o tratamento a frio, é realizada a etapa de inspeção (VI), ou seja, o controle de qualidade. Nesta etapa, são realizados testes por máquinas de inspeção eletrônicas onde são verificados diversos parâmetros desde dimensionais a parâmetros de resistência ao impacto e pressão (VIDROPORTO EMBALAGENS, 2018; MANOEL, 2010).

A empresa Ambev, por exemplo, realiza diversos testes para o controle de qualidade, tais como: espessura, análise visual, capacidade, impacto, pressão interna, composição do vidro e peso (informação verbal) ¹¹.

¹¹ Informação fornecida pela empresa Ambev Vidros (Campo Grande – Rio de Janeiro / RJ), em 11 de outubro de 2018.

As embalagens rejeitadas são automaticamente encaminhadas para o reaproveitamento, ou seja, para a etapa de tratamento de caco, onde serão refundidas no forno posteriormente.

5.8. Paletização

A etapa final é a paletização das embalagens de vidro (VIII), após serem aprovadas pela etapa anterior, a inspeção.

Na empresa Verallia, por exemplo, as embalagens são agrupadas formando paletes, e estes são cobertos com uma capa plástica para proteção das embalagens durante a manipulação e armazenagem (VERALLIA, 2018).

Na empresa Vidro Porto, por exemplo, as embalagens são agrupadas em camadas, adicionadas placas e cintagem, e fechadas com filme retrátil (VIDROPORTO EMBALAGENS, 2018).

6. CONCLUSÕES

As embalagens de vidro para alimentos e bebidas são totalmente recicláveis.

A reciclagem é uma das etapas da hierarquia da gestão de resíduos sólidos, e deve ser precedida das etapas de redução e reutilização.

A Alemanha é o país que mais recicla no mundo, inclusive no setor de embalagens de vidro. A implementação e execução da Logística Reversa no país funciona muito bem.

No Brasil, a reciclagem do vidro para embalagens de alimentos e bebidas ainda é rudimentar, mesmo após a implementação da Política Nacional de Resíduos Sólidos.

A destinação adequada dos resíduos, inclusive os de vidros, somente será possível e apresentará melhor eficiência, quando o governo priorizar a Política Nacional de Resíduos Sólidos, atuando mais ativamente e conjuntamente com Estados, Municípios e indústrias.

Não há empresas específicas de reciclagem para embalagens de alimentos e bebidas, como no caso de pilhas e pneus. As próprias empresas que fabricam ou utilizam estas embalagens reciclam o material utilizado, realizando parcerias ou adotando iniciativas de logística reversa para obtenção dos resíduos de vidros.

De acordo com a Portaria SVS/MS n. 27/1996, pode-se utilizar três tipos de vidros em contato com alimentos e bebidas: vidro borossilicato, vidro sodo-cálcico e cristal. Mas, nos contatos realizados com indústrias, verificou-se que o sodo-cálcico é o utilizado.

A reciclagem do vidro é uma atividade com grande potencial de rentabilidade. Apesar de ainda ser um nicho de mercado inexplorado no Brasil, poderá vir a ser um importante benefício para a economia do país.

REFERÊNCIAS

ABIVIDRO – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DE VIDRO. **Site Abividro**. Disponível em: <<https://www.abividro.org.br/page/2?s=2007+vidro>>. Acesso em: 28 abr. 2018.

ABIVIDRO – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DE VIDRO. **Owens Illinois é a primeira da indústria de A&B a ser certificada pelo Cradle to Cradle**. 2018. Disponível em: <<https://www.abividro.org.br/noticias/owens-illinois-e-primeira-da-industria-de-ab-ser-certificada-pelo-cradle-cradle>>. Acesso em: 22 set. 2018.

ABRE – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMBALAGEM. **Verallia lança garrafas com vidro fluorescente**. 2014. Disponível em: <<http://www.abre.org.br/noticias/verallia-lanca-garrafas-com-vidro-fluorescente/>>. Acesso em: 26 maio 2018.

ABRE – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMBALAGEM. **Owens-Illinois desenvolve primeiro vidro vermelho do mercado**. 2016. Disponível em: <<http://www.abre.org.br/noticias/owens-illinois-desenvolve-primeiro-vidro-vermelho-do-mercado/>>. Acesso em: 26 maio 2018.

ABRE – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMBALAGEM. **Primeiro growler de vidro produzido no Brasil foi lançado na feira brasileira da cerveja**. 2017. Disponível em: <<http://www.abre.org.br/noticias/primeiro-growler-de-vidro-produzido-no-brasil-foi-lancado-na-feira-brasileira-da-cerveja/>>. Acesso em: 26 maio 2018.

AKERMAN, M. **Natureza, Estrutura e Propriedades do Vidro**. [S.l.]: CETEV - Centro Técnico de Elaboração do Vidro, 2000.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10.004**: Resíduos Sólidos - Classificação. São Paulo, 2004. 71 p.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 14.001**: Sistemas de Gestão Ambiental. São Paulo: Atlas, 2004. 27 p.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14.910**: Embalagens de vidro para produtos alimentícios - Requisitos e métodos de ensaio. São Paulo, 2002. 24 p.

BARBOSA, V. **Reciclagem de vidro pode movimentar R\$ 220 milhões por ano no Brasil**. 2011. Revista Exame. Disponível em: <<https://exame.abril.com.br/mundo/reciclagem-de-vidro-pode-movimentar-cerca-de-r-220-milhoes-por-ano/>>. Acesso em: 21 maio 2018.

BASSI, C. M. M. **Pneus Irreversíveis e a Gestão Ambiental**. 2015. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Química) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2012.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010. **Política Nacional dos Resíduos Sólidos**. Brasília.

BURJAILI, Mauro Marques. **Materiais da Indústria Química**. Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia, 2017. 122 p. Apostila.

CALLISTER JÚNIOR, W. D. **Ciência e Engenharia de Materiais: Uma Introdução**. 5. ed. [S. l.]: Livros Técnicos e Científicos, 2002. 589 p. il.

CEMPRE - COMPROMISSO EMPRESARIAL PARA RECICLAGEM. **Site Cempre**. Disponível em: <<http://cempre.org.br/>>. Acesso em: 15 maio 2018.

CGU – Ministério da Transparência e Controladoria Geral da União. **CGU avalia execução da Política Nacional de Resíduos Sólidos**. 2018. Disponível em: <<http://www.cgu.gov.br/noticias/2018/01/cgu-avalia-execucao-da-politica-nacional-de-residuos-solidos>>. Acesso em: 02 out. 2018.

COELHO, M. G.; MARAGNO, A. L. F. C.; BURJAILI, M. M. Política Ambiental da Universidade Federal de Uberlândia: da concepção à implementação. Florianópolis: **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v. 4, n.2, p. 292-328, out. 2015/mar. 2016.

CTE – CENTRO DE TECNOLOGIAS DE EDIFICAÇÕES. **Cradle to Cradle Certified™**. Disponível em <<http://www.cte.com.br/cradle-to-cradle/>>. Acesso em: 23 set. 2018.

CONSUN UFU. Resolução nº 26, de 2012. **Estabelece a Política Ambiental da Universidade Federal de Uberlândia**. Uberlândia.

COSTA, R. **O princípio dos 3 Rs**. Papo Eco. 2012. Disponível em: <<http://papoeco.blogspot.com/2012/08/o-principio-dos-3-rs.html>>. Acesso em: 20 maio 2018. il.

DW BRASIL. **Alemanices: As regras do lixo**. 2017. Disponível em: <<https://www.dw.com/pt-br/alemanices-as-regras-do-lixo/a-38708393>>. Acesso em: 5 ago. 2018.

EMBALAGEM MARCA. Ambev amplia programa de troca de garrafas retornáveis. **Revista Embalagem Marca**. 2017. Disponível em: <<https://www.embalagemmarca.com.br/2017/05/ambev-amplia-programa-de-troca-de-garrafas-retornaveis/>>. Acesso em: 02 jun. 2018.

FUCHS, A. M. S; FRANÇA, M. N; PINHEIRO, M. S. de F. **Guia para normalização de publicações técnico-científicas**. Uberlândia: EDUFU, 2013. 286p.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL HENRIQUE LUIZ ROESSLER - FEPAM. **Site Fepam**. Disponível em: <<http://www.fepam.rs.gov.br>>. Acesso em: 10 ago. 2018.

GAVA, A. J.; SILVA, C. A. B. da.; FRIAS, J. R. G. **Tecnologia de Alimentos: Princípios e Aplicações**. São Paulo: Nobel, 2008.

KARASKI, T. U. et al. **Embalagem e Sustentabilidade: desafios e orientações no contexto da economia circular**. São Paulo: CETESB, 2016. 52 p., il. color., 30cm.

JURAS, I. da A. G. M. **Legislação sobre resíduos sólidos: comparação da lei 12.305/2010 com a legislação de países desenvolvidos**. Brasília: Câmara dos Deputados, Praça 3 Poderes, Consultoria Legislativa, Anexo III – Térreo, abr. 2012.

LANDIM, A. P. M. et al. **Sustentabilidade quanto às embalagens de alimentos no Brasil**. Polímeros, São Carlos, v. 26, p. 82-92, 2016. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-14282016000700013&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em: 28 maio 2018. Epub 19-Jan-2016. <http://dx.doi.org/10.1590/0104-1428.1897>.

LEMONS, E. **Diagnóstico da Cadeia de Reciclagem de Embalagem de Vidro em Santa Catarina**. 2012. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental) - Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina, 2012.

LINO, H. F. C. **A indústria de Reciclagem e a Questão Ambiental**. 2011. Tese (Doutor em História Econômica) – Programa de Pós Graduação em História do Departamento de História da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.

LOMASSO, et al. Benefícios e Desafios na Implementação da Reciclagem: Um Estudo de Caso no Centro Mineiro de Referência em Resíduos (Cmrr). **Revista Pensar Gestão e Administração**, v.3, n.2, jan. 2015.

MANOEL, J. A. H. M. C. **Análise de Processos Fabris na BA Vidro**. 2010. Dissertação (Mestrado Integrado em Engenharia Industrial e Gestão) – Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, Porto, 2010.

MARCONDES, A. Tratamento e reciclagem de lixo na Alemanha. **Site Medium**. 2016. Disponível em: <<https://medium.com/@arlm/tratamento-e-reciclagem-de-lixo-na-alemanha-399a045685b7>>. Acesso em: 16 ago. 2018. il.

NERY, M. **Logística Reversa: Ciclo Infinito do Vidro**. 2016. Disponível em: <<http://marcosnery01.blogspot.com/2016/09/leni-logistica-reversa-ciclo-infinito.html>>. Acesso em: 20 ago. 2018. il.

OLIVEIRA, O. J. de.; PINHEIRO, C. R. M. S. **Implantação de sistemas de gestão ambiental ISO 14001: uma contribuição da área de gestão de pessoas**. São Carlos: Gestão e Produção, v. 17, n.1. p. 51-61, 2010.

PINTO-COELHO, R. M. **Reciclagem e desenvolvimento sustentável no Brasil**. Recóleo Coleta e Reciclagem de Óleos, Belo Horizonte: Recóleo Coleta e Reciclagem de Óleos, 2009. 340 p.

POÇAS, M. F. F.; FREITAS, A. C. **Embalagem e Ambiente**. Porto: ESB/UCP, 2003. 50p.

PORTAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS. **Não Geração de Resíduos Sólidos**. 2013. Disponível em: <<https://portalresiduossolidos.com/nao-geracao-de-residuos-solidos/>>. Acesso em: 25 ago. 2018.

SUSTENTARQUI. Dicas para reutilizar potes de vidro na decoração. **Decoração Sustentável**. 2016. Disponível em: <<https://sustentarqui.com.br/dicas-para-reutilizar-potes-de-vidro-na-decoracao/>>. Acesso em: 22 ago. 2018. il.

SVS/MS - MINISTÉRIO DA SAÚDE. SECRETARIA DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **Portaria nº 27, de 18 de março de 1996**. Diário Oficial da União, Poder Executivo, 20 mar. 1996.

RIEKSTI, Ana Carolina. **ISO 14.001 e a sustentabilidade. A eficácia do instrumento no alcance do desenvolvimento sustentável**. Disponível em: <<http://www.usp.br/mudarfuturo/cms/?p=212>>. Acesso em: 10 ago. 2018.

RODRIGUES, G. V. da S. Tecnologia: A importância da Logística Reversa no dia a dia dos portos. Informativo dos portos. 2015. Disponível em: <<http://www.informativodosportos.com.br/tecnologia-a-importancia-da-logistica-reversa-no-dia-a-dia-dos-portos/>>. Acesso em: 20 maio 2018. il.

VERALLIA BRASIL. **Fabricação**. Disponível em <<https://br.verallia.com/o-vidro/processo-de-fabricacao>>. Acesso em: 28 set. 2018.

VIALLI, A. Com produção concentrada, custo logístico dificulta a reciclagem do vidro. 2016. **Folha de São Paulo**. Disponível em: <<https://www1.folha.uol.com.br/seminariosfolha/2016/06/1784354-com-producao-concentrada-custo-logistico-dificulta-a-reciclagem-do-vidro.shtml>>. Acesso em: 21 maio 2018.

VIDROPORTO EMBALAGENS. **Ciclo do Vidro**. Disponível em <<http://www.vidroporto.com.br/ciclo-do-vidro.php>>. Acesso em: 28 set. 2018.