MODELAGEM DE FUNÇÃO AVALIADORA DOS CUSTOS NO PROCESSO DE DESCARTE DE REJEITOS HOSPITALARES A PARTIR DE LOGÍSTICA REVERSA

Rafael Pompeu Torezan (Universidade Presbiteriana Mackenzie) rafaelpta2711@gmail.com
Vinicius Campos Pereira (Eneva) viniciuscp@gmail.com
André Castilho Navarro (RCR Ambiental) andre.navarro@rcrambiental.com.br
Max Filipe Gonçalves (Universidade Presbiteriana Mackenzie) max.goncalves@mackenzie.br

Resumo

O presente artigo de iniciação científica é motivado pela possibilidade de investigar a Logística Reversa (LR) como área que contempla o objeto de estudo: o tratamento de rejeitos sólidos radioativos que se relaciona ao desenvolvimento sustentável, à responsabilidade corporativa e aos setores da sociedade civil que influenciam diretamente o convívio social e qualidade de vida da população. Justifica-se tal pesquisa por meio do embasamento da rede de LR vista sua abrangência sistêmica para resolução de problemas e a presença de modelos matemáticos para a tomada de decisão de acordo com diversas variáveis dentro da função que determina os custos de operação. Sendo esse estudo demasiadamente importante à medida que o aumento da geração de resíduos, que é proporcional ao aumento da população, afeta o cotidiano de milhões de pessoas de diversas formas (DOVI, 2009), ressaltando-se também que é possível observar atualmente um contingente de dimensões consideráveis de pessoas que não foram atendidas por serviços de coleta(ABRELPE, 2018), além da observação realizada pelo Panorama dos Resíduos Sólidos 2018/2019: o Brasil realizou o descarte irregular de 32 milhões de toneladas em 2018. O objetivo principal deste estudo consistiu em criar um modelo de avaliação do custo de logística reversa de resíduos hospitalares e os resultados principais de pesquisa se referem ao mapeamento da rede de logística reversa após o descarte de rejeitos hospitalares e sua respectiva função custo que orienta o processo de tomada de decisão.

Palavras-Chaves: logística reversa; rejeitos; função custo.

1. Introdução

Para o entendimento da importância desse artigo deve-se destacar informações que abordam o aspecto geral do tema e a sua respectiva contextualização: o aumento da geração de resíduos, que é proporcional ao aumento da população, afeta o cotidiano de milhões de pessoas de diversas formas (DOVI, 2009). Dependendo do desenvolvimento econômico, clima, cultura e fontes de energia, a composição do RSU (Resíduos Sólidos Urbanos) varia de um país para outro (MOYA, 2017). Segundo a ABRELPE (Associação Brasileira das Empresas de Limpeza Pública), pode-se observar atualmente um contingente de dimensões consideráveis de pessoas que não foram atendidas por serviços de coleta, assim, tal setor demonstra déficits em relação ao processo de coleta seletiva, recuperação de materiais e disposição dos resíduos sólidos. A partir do Panorama dos Resíduos Sólidos 2018/2019, sintetizado pela ABRELPE, é observado no Brasil o valor da quantidade de resíduos em cerca de 79 milhões de toneladas em 2018, sendo coletado uma percentagem de 92% do total de resíduos em que apenas 59,5% receberam o tratamento adequado e regular, ou seja, 40,5% dos resíduos coletados foram descartados de modo irregular. No ano de 2010, a Política Nacional de Resíduos Sólidos que tinha como objetivo livrar lixões do país até o segundo semestre de 2014, todavia cerca de 6,3 milhões de toneladas de lixo não são coletadas, 31,6 milhões de toneladas são descartadas irregularmente em lixões ou aterros sem padrões fundamentais para a integridade sanitária urbana e o meio natural presentes, sendo essa irregularidade um panorama existente ao redor de 3.000 entre 5.500 municípios do território nacional (ABRELPE, 2019). Ressalta-se a norma NBR 10.004/04, da ABNT, a responsável por determinar a classificação dos resíduos no Brasil e por definir os riscos potenciais que os resíduos apresentam para o meio ambiente e a saúde humana, também envolvendo a identificação do processo ou atividade que lhes deu origem e suas características. Como o caso da coleta e disposição adequada de resíduos hospitalares, enquadra-se no âmbito da Logística Reversa (LR) e de acordo com Gonçalves (2015), a LR tem como primícia retornar valor e/ou proporcionar um destino ambientalmente correto a resíduos e, no caso deste rejeito, a opção de reaproveitá-lo não é a mais adequada, a alternativa mais eficiente é evitar o descarte inadequado para não prejudicar o meio ambiente e otimizar os recursos necessários para transporte e armazenamento, minimizando assim os custos inerentes a estas atividades. Para descartar permanentemente resíduos radioativos hospitalares de baixo nível de forma segura e econômica, tais resíduos radioativos devem ser transformados em compostos adequados à imobilização de radionuclídeos com a máxima redução de volume (TZENG,

1998), apesar de haver opções variadas de tratamento, após uma caracterização adequada, a melhor alternativa para esta pesquisa é o tratamento térmico (RAJ, 2006) que é uma das mais eficazes tecnologias de destruição de resíduos perigosos. Entre os tratamentos térmicos disponíveis, a tecnologia de plasma, permite a remoção dos resíduos que contenham substâncias perigosas, tendo como resultado final um produto compactado capaz de neutralizar de forma confiável todos os tipos de resíduos perigosos (ZHOVTYANSKY; VALINČIUS, 2018). A tecnologia de plasma é uma solução eficiente para tratamento de rejeitos radioativos, resíduos hospitalares contaminados, e resíduos tóxicos (GUIHARD, 2002). Submetido ao processo de plasma térmico, qualquer substância pode ser vitrificada, ou seja, seu volume é reduzido (TZENG, 2007), além de estudos mostrarem que a tecnologia de plasma tem sido utilizada para disposição final de resíduos (SUDIBYO, 2017). Apresentadas tais informações, o projeto visa estudar a importância das avaliações de custos no espectro da logística reversa para o processamento de rejeitos hospitalares radioativos por meio de reatores de plasma. Dessa maneira, a motivação do projeto é destacada uma vez que contempla a possibilidade do entendimento entre a relação de déficits em diversos setores da sociedade civil que influenciam diretamente a qualidade de vida de moradores e o papel dos estudos de engenharia em logística reversa para gestão adequada de resíduos, favorecendo futuramente possíveis tomadas de decisão em políticas públicas, tendo como relevância uma temática universal e crítica dentro do cenário brasileiro: adequação da gestão de resíduos e a reavaliação de medida de proteção sanitária e ambiental ao redor do país. Tendo em vista, especificamente, o complexo urbano que a cidade de São Paulo representa, o objetivo principal deste trabalho é a realização de uma avaliação de custos da logística reversa de resíduos hospitalares presentes na metrópole, compreendendo diversas variáveis tais como custo de operações, custo de transporte e quantidade de rejeitos. Concluindo, espera-se após o término das pesquisas tanto bibliográficas quanto empíricas uma nova avaliação do uso da tecnologia de plasma para o tratamento de resíduos radioativos, tendo como expectativa de resultados esperados: a possibilidade de encontrar caminhos que viabilizem economicamente tal processo que demanda custos de instalação e gastos energéticos de operação elevados para adequação de descarte irregular de rejeitos que prejudicam o corpo social como um todo.

2. Referencial teórico

Segundo a Resolução 306/2004 da ANVISA e Resolução CONAMA no 358/2005, os RSS são classificados em cinco grupos: A, B, C, D e E. O grupo C é caracterizado como conjunto de quaisquer materiais resultantes de atividades humanas que contenham uma quantidade de radionuclídeos considerada superior às especificações de eliminação de acordo com as normas da Comissão Nacional de Energia Nuclear - CNEN, exemplos: equipamentos de serviços de medicina nuclear, radioterapia, entre outros procedimentos que requerem a presença de elementos radioativos. Entretanto, tendo em vista a Resolução 306/2004 da ANVISA, não se deve haver a aplicação de fontes radioativas consideradas seladas, devem ser seguidas as determinações da CNEN, ainda se completa que a atividade de deslocamento de resíduos radioativos deve ser orientada de modo prévio e específico pela CNEN.

Destaca-se a Resolução 306/2004 da ANVISA responsável pela definição de limítrofes eliminatórias para resíduos de carácter sólido e radioativo em um valor de 75 Bq/g, para qualquer radionuclídeo, seguindo as orientações estabelecidas pela norma NE 6.05 da CNEN. Quando considerada impossível a comprovação de obediência ao limite estabelecido, deve-se seguir a recomendação de aguardar o processo de decaimento do radionuclídeo até pontos nivelados à radiação de fundo.

A eliminação de rejeitos radioativos líquidos no sistema de esgoto deve ser realizada em quantidades absolutas e concentrações inferiores aos padrões especificados na norma NE-6.05 da CNEN, devendo tais valores serem partes integrantes de um plano de gerenciamento. A eliminação de rejeitos radioativos gasosos presentes na atmosfera devem ser realizada em concentrações consideradas inferiores às especificadas na norma NE-6.05 da CNEN, sempre de acordo com mediante prévia autorização da CNEN.

A Norma ABNT NBR 10004 (2004), é responsável pela classificação de resíduos sólidos relacionados aos seus potenciais riscos à saúde e ao meio natural, a fim de que possa ser realizada gestão adequada. Todavia, se há como nota, que os rejeitos radioativos não são objeto de tal norma, ratificando que são de competência exclusiva da Comissão Nacional de Energia Nuclear.

O plasma é um estado da matéria referido a um gás total ou parcialmente ionizado consistindo em uma mistura de elétrons, íons e partículas neutras. O seu grau de ionização é ditado pela proporção de concentrações entre portadores de carga e partículas neutras. Devido à sua significativa quantidade de cargas livres, forças coulombianas de longo alcance lhe conferem

uma forte interação na forma de um comportamento coletivo, suscetível à campos eletromagnéticos internos e externos (FRIDMAN, 2008).

Os plasmas possuem algumas classificações: quentes (altas temperaturas de gás totalmente ionizado similares aos que estão presente no sol), frios térmicos (gás considerado ionizado de modo parcial ionizado com a temperatura de elétrons igual à temperatura do gás) e frios não-térmicos também caracterizados como fora do equilíbrio termodinâmico (gás considerado ionizado de modo parcial ionizado com a temperatura de elétrons muito maior que a temperatura do gás)(FRIDMAN, 2008).

Os processos que empregam tecnologias de plasma abrangem processos de conversão de resíduos, processos de síntese materiais, processos de combustão assistida, processos de recobrimentos, processos de sinterização, processos de esferoidização de partículas, processos de purificação de metais, densificação de refratários, processos de síntese e nucleação de nanoestruturas etc. A desvantagem é seu elevado consumo de energia, que acarreta maior custo (MENEZES, 1999). Nos processos de gaseificação a plasma e conversão de rejeitos, geralmente empregam-se tochas de plasmas, as quais constituem os dispositivos que convertem energia elétrica em energia térmica transportada por um gás, chamado gás de trabalho. As temperaturas de operação podem variar de 1.500ºC a 50.000ºC, volatizando a matéria orgânica e fundindo os materiais inorgânicos, gerando no final, uma matriz vítrea, contendo todo o material inertizado (MATTOS, 2011).

Em processos de conversão de resíduos em gás de síntese ou materiais avançados, geralmente empregam-se tochas de plasmas dedicadas em ambientes controlados de temperatura, pressão e sistemas catalisadores de nucleação de nanoestruturas. (SILVA, 2006). Em muitos processos de conversão são empregadas tochas de vapor de água no intuito de produzir um plasma mais reativo com materiais orgânicos e reduzir a produção de gases nitrogenados nocivos (VARGAFTIK, 1996). Neste cenário, a tecnologia de plasmas surge como uma ferramenta nova para assistir processos de reações físico-químicas que envolvem troca de calor, massa e energia, podendo estender os limites dos parâmetros de processos que governam tais reações. Sendo assim, novos mecanismos e novas rotas termodinâmicas podem surgir em reatores de processos de materiais assistidos por plasma.

Todos os retornos econômicos do processo de plasma são cerca de três vezes maiores do que o processo de incineração convencional, além de apresentar benefícios ambientais significativos (LI, 2016).

3. Metodologia

Diversos testes de redução volumétrica por meio de uma gama de métodos foram trabalhados no passado (GARAMSZEGHY, 2011), os resultados obtidos são considerados ineficientes de acordo com fatores alcançados, demonstrando que ainda seja necessária a investigação em busca de uma forma de otimização mais eficaz para tal processo (PRADOA, 2020). Ressalta-se a presença de certas características da tecnologia de plasma que necessitam ser melhoradas para evitar desvantagens e limitações técnicas como por exemplo o sistema de gases de escape eficaz para a contenção de radionuclídeos voláteis (FILIUS; WHITWORTH, 1996). Outro aspecto, segundo Gonçalves (2021) em redes reversas o suprimento, neste caso o resíduo sólido radioativo, é considerado uma variável exógena, referindo-se a um fator externo ao processo capaz de dificultar controle, tornando o processo de rede reversa mais complexo que a rede tradicional, uma vez que é afetada por incertezas e riscos associados a previsibilidade dos custos de operação.

Para a resolução do problema abordado, pode-se destacar objetivos citados na PNRS, sendo eles, o desenvolvimento de tecnologias limpas que minimizem impactos ambientais, fomento ao uso de insumos derivados de reciclados e a abordagem principal desse projeto: a gestão integrada de resíduos sólidos. Uma disposição final segura não deve, em hipótese alguma, trazer danos inerentes ao meio ambiente, como também interferir na sociedade. (LEITE, 2003).

Os procedimentos metodológicos foram divididos em três partes, sendo elas:

- Identificar os parâmetros que compõem a função com apoio de empresa parceira;
- Estudar os elos da rede de logística reversa do rejeito abordado;
- Propor a função para conhecer o comportamento do custo da logística reversa;
- Simulação de dados para funcionamento da função custo.

A função (f) proposta busca conhecer os custos de instalação e operacionais dos centros de triagem e descarte final considerando as movimentações do rejeito. A simulação permitirá avaliar o comportamento da função proposta ao promover alterações nos inputs como variáveis de volume e alocação do reator. A função (f), no entanto, consiste em obter o resultado do custo total da rede de LR.

3.1. Identificação dos parâmetros de composição da função custo

Em parceria com a RCR Ambiental, referência em Logística Reversa no Estado de São Paulo, especialista em Gestão de Produtos Inservíveis e Resíduos, foi possível observar de modo sistemático como é desenhado e estruturado o fluxo de tratamento de rejeitos sólidos.

A partir do fluxo acima, detalha-se as seguintes etapas que comportam os custos inerentes ao processo, respectivamente: pós indústria e mercado consumidor, realocação do rejeito para empresa tratadora, tratamento do rejeito, reaproveitamento e destino.

Na primeira etapa da cadeia, já se observa na produção industrial a geração de rejeitos como, por exemplo, embalagens se tornando entulho que não podem ser utilizadas para retrabalho ou serem inseridas diretamente no mercado. Portanto, esse conteúdo é destinado para tratamento e tentativa de reaproveitando, essa relação de eventos também é válida para os conteúdos descartados no mercado consumidor, por exemplo, caixas de papelão de uma geladeira. Essa sucessão de eventos comporta custos como transporte (indústria e mercado consumidor a empresa responsável pelo tratamento).

Na segunda etapa da cadeia se evidencia o processo de segregação e armazenagem do rejeito. O conteúdo é recebido para pesagem, acompanhado pelo órgão responsável que define o conjunto de protocolos a serem seguidos a depender das características do resíduo, armazenado para futura liberação de tratamento e descaracterização. São apresentados custos de armazenamento, segregação e transporte durante essa fase.

Na terceira etapa da cadeira, a destinação final do rejeito tem dois caminhos: reciclagem direta, há a possibilidade de remanufatura do conteúdo para inseri-lo com valor agregado no mercado, ou, caso o reaproveitamento do rejeito não seja possível, ele será direcionado para o tratamento térmico para redução mássica e descarte adequado. Os custos inerentes a essa

etapa são: custo de tratamento térmico e novamente transporte. Contudo, vale ressaltar que existem potenciais ganhos no final da cadeia, como venda do produto reciclado e conversão energética do rejeito a ser tratado termicamente.

3.2 Estudo dos elos da rede de logística reversa do rejeito

Os elos da rede de logística reversa são descritos por três norteadores principais nos interesses de mercado: direcionador econômico, direcionador legal e direcionador socioambiental.

O direcionador econômico refere-se aos ganhos financeiros em potencial, principalmente por meio da venda do resíduo. Essa possibilidade de venda é atribuída ao processo de remanufatura de produtos com as matérias que seriam descartadas caso não houvesse a logística reversa para reaproveitamento. Para empresas como a RCR Ambiental, parceira do projeto de pesquisa responsável pelo tratamento de resíduos sólidos, o conteúdo a ser descartado ou reaproveitado se torna uma oportunidade para o modelo de negócio sustentável ambientalmente e financeiramente.

O direcionador socioambiental refere-se ao aspecto de cidadania corporativa, uma empresa que utiliza da LR para o tratamento de resíduos contribui positivamente para uma imagem ambientalmente conscientizada diante de fornecedores e consumidores.

O direcionador legal refere-se a jurisdição que indique o reaproveitamento de um material até o retorno de um produto ao consumidor. Por conta da legislação específica para cada tipo de resíduo a ser tratado, no caso deste artigo, a norma CNEN NE-6.02 determina orientações para o descarte de resíduo hospitalar radioativo denominado como os Resíduos Sólidos de Saúde (RSS) comumente chamado lixo hospitalar por exemplo, já possuem regulação específica determinada pelo órgão competente antes da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) e, diariamente, 7,5kg de resíduo hospitalar é gerado por pessoa conforme (ABRELPE, 2020). Embora as tecnologias necessárias para o cumprimento da PNRS estejam disponíveis no Brasil, os elevados custos limitam a aplicação destas tecnologias para providenciar uma destinação adequada aos rejeitos. Para redes hospitalares, os emissores de rejeito da cadeia estudada, torna-se imprescindível um parceiro comercial para o descarte adequado e regularizado que atenda essa necessidade.

Ainda que existam entidades dedicadas, preocupadas e interessadas na rede reversa de resíduos hospitalares, vale ressaltar que se trata de um conteúdo de difícil reaproveitamento sem um tratamento eficaz para produtos remanufaturados, além de danoso ao meio ambiente caso tratado inadequadamente visto seu alto teor contaminante. Portanto, a inclusão do reator de plasma dentre os elos garantiria a neutralização do conteúdo contaminado.

Um exemplo para demonstrar a lógica por trás do uso do reator: 600 t/d planta de gaseificação a plasma de MSW, o investimento total é de US$ 99,3 milhões, e os lucros são os resultados relacionados de três vendas: eletricidade, escória vítrea e espuma de vidro. A energia elétrica à venda é 350 kWh/t. Assume-se uma venda de energia de cerca de 9,7 cêntimos por kWh, portanto, a venda corresponde a US$6,76 milhões por ano. O vítreo supõe-se que a escória (90.000 t/ano) seja vendida a um preço de US$ 105/t, e a espuma de vidro (10.000 t/ano) ao preço de US$ 1.080,8/t para isolamento térmico material de lação, portanto, as vendas de ambos são de $ 9,45 milhões e $ 10,81 milhões, respectivamente, que são os principais lucros, cobrindo cerca de 70% dos custos envolvidos (LI, 2016). São dados de recorte interessantes para efeito de comparação, mas no cenário brasileiro, custos e legislações têm pesos diferentes na estruturação do projeto, fatores que vão desde câmbio até apoio privado e estatal.

3.3 Proposta de função para abordagem do custo da rede de logística reversa

Função Custo elaborada: a + b + c + d + e – x – y

- "a" corresponde ao custo de deslocamento, é a multiplicação entre os gastos referentes a distância a ser percorrida dentro da rede reversa (o ponto de coleta, centro de armazenagem, espaço com tratamento térmico e o destino do rejeito), precificação do combustível por quilômetro rodado e número de frotas de acordo com o tamanho da carga;

- "b" corresponde ao custo de armazenagem, é a multiplicação entre o número de armazéns a serem utilizados dentro da cadeia reversa e o tempo de armazenamento necessário para continuação do fluxo dos resíduos sólidos;

- "c" corresponde ao custo de segregação, é a multiplicação entre a quantidade de rejeito a ser separada, o gasto pelo número de operadores de máquina e o tempo necessário para realização da tarefa;

- "d" corresponde ao custo de implantação do custo do reator de plasma,, dentro da função custo, é considerada variável mais elevada. Fatores como potência do reator a ser utilizado, área para construção adequada para a operação;

- "e" corresponde ao custo do tratamento térmico, leva em consideração gastos referentes ao tempo de processamento e às vezes gastos de energia elétrica;

- "x" corresponde aos ganhos de produtos remanufaturados, referem-se à probabilidade de venda multiplicada pelo valor agregado do novo produto após a remanufatura;

- "y" corresponde aos ganhos em conversão energética, resíduos são utilizados como combustível em processos de geração de energia sem gerar danos ao meio ambiente.

3.4 Proposta de função para abordagem do custo da rede de logística reversa

Dada a seguinte situação, o reator está implantado. O preço do combustível igual $5,30; número de frotas necessárias igual a 20 ; custo de hora de armazenamento a R$5,30; quantidade de resíduos a 54 toneladas despesa para 5 operadores de máquina a R$30,00 por hora cada; tempo necessário para segregação 24 horas; tempo de processamento térmico 20 horas; custo da eletricidade R$0,83 por kWh, probabilidade de venda 75% ,valor adicionado pela remanufatura: R$20,00 por unidade (1,8 unidades a cada tonelada), eficiência de conversão de energia 12%; valor de mercado da energia: R$300,00 por MWh.

Custo de Armazenamento = 4 x 50 horas x R$5,30 = R$1.060,00

Custo de Deslocamento = 313 / 9 x R$5,20 x 20 = R$57.993,33

Custo de Segregação = R$30,00 por hora x 5 operadores x 24 horas = R$3600,00

Custo de Implementação do Reator de Plasma = 0 (já implantado)

Custo de Tratamento Térmico = 20 horas x R$0,95 por kWh x 5000 kW = R$5.712,00

Ganhos com Produtos Remanufaturados = 0,75 x R$20,00 x 1,8 x 54 = R$1458

Ganhos com Conversão de Energia = 0,12 x R$300,00 por MWh x 5 = R$180,00

Custo total = R$68.365,33

Ganho total = R$1.458,00 + R$180,00 = R$1.638,00

Conversão sobre o processo = 2,4%

4. Resultados

Portanto, os resultados desta pesquisa foram a estruturação da função(f) que dispõe dos custos de instalação, operação dos centros de triagem e descarte final considerando as movimentações do rejeito, consiste em obter o resultado do custo total da rede de LR por meio do seguintes parâmetros: custo de deslocamento, custo de armazenagem, custo de segregação, custo de implantação do reator de plasma, custo do tratamento térmico, ganhos de produtos remanufaturados, ganhos em conversão energética. A curto prazo, o elevado custo de implantação é inviável, a longo prazo, a geração de receita ainda que um percentual baixo em relação ao processo logístico como todo, garante conversão sobre o mesmo processo que já ocorre por necessidade do tratamento tradicional de rejeitos.

REFERÊNCIAS

ABNT, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 10004, Resíduos sólidos – Classificação**. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

ABRELPE, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA. **Os descaminhos do lixo**. São Paulo: Estadão, 2019.

ANTENOR, S.; SZIGETHY, L. **Resíduos sólidos urbanos: desafios tecnológicos, políticos e econômicos**. São Paulo: IPEA, 2020.

ANVISA, AGÊNCIA NACIONAL DE VIGIL NCIA SANITÁRIA**. Gerenciamento dos Resíduos de Serviços de Saúde**. Brasília: Editora Anvisa, 2006.

CNEN, COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR. **Gerência de rejeitos radioativos de baixo e médio níveis de radiação**. Brasília: CNEN, 2014.

FONSECA, A. M. M. **Alguns aspectos do desempenho do TOKAMAK TCABR: modelagem, simulações e resultados experimentais**. São Paulo: Instituto de Física da Universidade de São Paulo, 2000.

GARAMSZEGHY, M. **Handbook of advanced radioactive waste conditioning technologies**. Ontario: Woodhead Publishing Series in Energy, 2011.

GONÇALVES, M.F.S. **Logística reversa aplicada em resíduos sólidos**. São Paulo: Ed. Mackenzie, 2021.

LEITE, P. R. **Direcionadores Estratégicos e programas de logística reversa no Brasil**. Revista Alcance, v. 19, n. 2, p. 182-201, 2012.

LI, J.; LIU, K.; YAN, S.; LI, Y.; HAN, D. **Application of thermal plasma technology for the treatment of solid wastes in China: an overview**. Shanghai: Waste Management, 2016.

MARTINS, F. L. **Gerenciamento de resíduos sólidos de serviços de saúde, análise comparativa das legislações federais**. Rio de Janeiro: Universidade Federal Fluminense, 2004.

PRADOA, E.S.P; MIRANDA, F.S.; PETRACONIB, G.; POTIENS A.J. **Use of plasma reactors to viabilise the volumetric reduction of radioactive wastes**. São Paulo: Elsevier, 2020.

RADUAN, R. N. **Requisitos ambientais para disposição final de rejeitos radioativos em repositórios de superfície**. São Paulo: IPEN,1994.

TZENG, C.C.; KUO, Y.Y.; HUANG, T.F.; LIN, D.L.; YU, Y.J. **Treatment of radioactive wastes by plasma incineration and vitrification for final disposal**. Nova Iorque: J. Hazard Mater, 1998.