

III-043 - ANÁLISE DO PROGRAMA “ATERRO ZERO” NO GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS DA INDÚSTRIA AUTOMOBILÍSTICA

Viviana Maria Zanta⁽¹⁾

Professora Titular do Departamento de Engenharia Ambiental da Escola Politécnica da UFBA.

Paulo Roberto Almeida da Silva⁽²⁾

Engenheiro Sanitarista e Ambiental pela Escola Politécnica da UFBA.

Luciano Matos Queiroz⁽³⁾

Professor Associado do Departamento de Engenharia Ambiental da Escola Politécnica da UFBA.

Endereço⁽¹⁾: Rua Prof. Aristides Novis, 2, Escola Politécnica da UFBA, Departamento de Engenharia Ambiental, 4º andar, sala 9, Federação - Salvador - BA - CEP: 40210-630 - Brasil - Tel: (71) 3283-9796 - e-mail: zanta@ufba.br

RESUMO

O presente trabalho descreve o sistema de gerenciamento de resíduos sólidos utilizado em uma indústria automobilista e Programa Ambiental “Aterro Zero” que visava extinguir o envio de resíduos para disposição em aterros. Além de analisar o nível de resposta alcançado pelo Programa em relação à hierarquia da gestão de resíduos sólidos preconizada pela Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS). Realizaram-se visitas técnicas na indústria automobilística e entrevistas com os colaboradores para levantamento das informações sobre o sistema de gerenciamento e Programa Ambiental. A análise foi realizada por meio da comparação de indicadores estabelecidos a partir dos dados quantitativos de resíduos sólidos destinados por ano e destinação adotada, além dos custos unitários dos respectivos tipos de destinação. O Programa “Aterro Zero” proporcionou resultados positivos à adequação de prioridade de gestão com a redução de 54% na geração dos resíduos enviados para aterro, denominados internamente como industriais e ordinários, aumento de 7% da utilização da reciclagem como alternativa de destinação, e extinguindo a destinação de resíduos para disposição em aterros. Porém, a utilização do coprocessamento e da incineração, como alternativas para substituir a disposição em aterro, resultaram em um aumento de 132% no custo de tratamento desses resíduos.

PALAVRAS-CHAVE: Indústria automobilística, aterros sanitários, coprocessamento, resíduos sólidos.

INTRODUÇÃO

A indústria automobilista representa um dos setores-chave para economia brasileira, sendo responsável pela geração massiva de produto, renda e emprego. Além da responsabilidade legal, devido à concorrência crescente no setor, a gestão dos resíduos sólidos se tornou um item relevante sob a ótica do *marketing* institucional e, também, por conta dos aspectos econômicos. Os resíduos gerados na indústria automobilística em sua maioria são passíveis de reaproveitamento e reciclagem. O veículo é composto por milhares de peças, utilizando ferro, aço e plásticos como os principais materiais constituintes. Segundo a *Ford Motor Company* e a *Renault*, são recicladas aproximadamente 60 mil toneladas de resíduos por ano, em cada unidade localizada em território brasileiro, correspondendo a praticamente 90% dos resíduos gerados nas suas instalações.

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) adota como diretriz na gestão e gerenciamento dos resíduos a seguinte hierarquia: não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente. Porém, a destinação dos resíduos sólidos é influenciada pelo modo como são gerenciados. Quanto maior a qualidade de segregação na fonte geradora e nas etapas subsequentes de gerenciamento, como, por exemplo, acondicionamento e transporte interno, mais fácil e viável serão sua valorização, tratamento ou disposição final. A qualidade da segregação pode ainda resultar na redução de custos, uma vez que resíduos mais homogêneos possibilitam a aplicação de processos mais eficientes.

Aterros sanitários e industriais são destinações bastante adotadas na realidade brasileira. Porém, esse tipo de destinação deve ser utilizado apenas para rejeitos, ou seja, substâncias ou elementos que não são passíveis de recuperação. Contudo, muitos resíduos passíveis de reciclagem ou reutilização são enviados para aterro por falta de segregação na fonte geradora ou pela ausência de sistemas de gerenciamento eficazes. O envio de resíduos sólidos para aterros sanitários ou industriais representa desperdício de recursos de energia e materiais, além de reduzir a vida útil de aterros.

Este trabalho visou analisar o atendimento à hierarquia de gestão dos resíduos preconizada pela PNRS de um programa ambiental implantado em indústria automobilística no estado da Bahia denominado nesse trabalho de “Aterro Zero” que tinha como meta não destinar os resíduos gerados na planta industrial para aterramento.

MATERIAL E MÉTODOS

DESCRÍÇÃO GERAL DA PESQUISA

A primeira etapa compreendeu o levantamento de dados para descrição do sistema de gerenciamento de resíduos sólidos na indústria automobilística estudada e a obtenção de dados quantitativos secundários existentes referentes ao Programa “Aterro Zero”. Na segunda etapa, com base nos dados e informações disponíveis, foram propostos indicadores para analisar o nível de resposta alcançado pelo Programa “Aterro Zero” em relação à hierarquia da gestão de resíduos sólidos preconizada pela PNRS.

As informações sobre o sistema de gerenciamento de resíduos sólidos na indústria automobilística foram levantadas *in loco* a partir de visitas técnicas e de entrevistas realizadas com os colaboradores da Coordenação Ambiental e da empresa terceirizada responsável pelo gerenciamento dos resíduos. As cinco visitas técnicas ocorreram entre o início do mês de agosto e final do mês de setembro do ano de 2018, no período matutino dos dias úteis, visando analisar as atividades sob condições de normalidade operacional, ou seja, evitou-se visitar a planta industrial antes ou após períodos de paralisação de produção ou redução de jornada de trabalho. Para realização das entrevistas, foram desenvolvidos e utilizados dois tipos de roteiros na forma de questionário estruturado com perguntas abertas. As entrevistas ocorreram em área administrativa seguida de visitação às áreas operacionais para observação da operação do sistema. Autorizou-se registro fotográfico apenas de locais, equipamentos e documentos que não apresentassem a logomarca das empresas.

A análise do Programa foi pautada em avaliação comparativa de indicadores estabelecidos a partir dos dados quantitativos de resíduos sólidos destinados por ano e destinação adotada, além dos custos unitários dos respectivos tipos de destinação. Esses indicadores foram utilizados para analisar a evolução do Programa quanto ao atendimento à hierarquia de prioridades na gestão dos resíduos, preconizada pela PNRS, especificamente, quanto à redução na geração de resíduos, ao aumento do uso da alternativa de reciclagem e redução da disposição em aterro pela utilização de outros tratamentos. Os valores dos indicadores foram obtidos para o início da implantação do programa no ano de 2013 e o término do ano de 2017, quando se atingiu a meta estabelecida pelos gestores. O Quadro 1 mostra os indicadores e as variáveis consideradas na análise.

Para complementar a análise, verificou-se o impacto do programa “Aterro Zero” sobre a redução de custos com destinação decorrente da redução na geração de resíduos, em paralelo à utilização de outras formas de tratamento que substituíram a disposição em aterro.

Os dados utilizados na elaboração dos indicadores foram fornecidos pela empresa gerenciadora por meio de planilhas eletrônicas, contendo o valor total de cada resíduo destinado no ano e seus respectivos tratamentos adotados. Esses dados são utilizados na elaboração dos relatórios enviados anualmente ao IBAMA, denominado Inventário de Resíduos Sólidos Industriais. Portanto, os dados utilizados são representativos de todos os resíduos gerados na planta industrial e estavam organizados por tipo de resíduo conforme a etapa de segregação interna.

INDICADORES

Indicador de redução na geração de resíduos industriais e ordinário (Ind.Red.RSIOrd).

Este indicador possibilita verificar se o Programa “Aterro Zero” proporcionou a redução na geração dos resíduos que eram destinados para aterro antes da implantação do Programa. Estes são denominados internamente como Resíduo Industrial (RSI) e Resíduo Ordinário (RSOrd). Para obtenção desse indicador são realizados dois cálculos através das equações Eq.1 e Eq.2. A primeira equação (Eq.1) é definida pela razão entre o somatório dos RSI e RSOrd, em quilogramas (kg), destinados no ano, pelo número de veículos produzidos no respectivo ano em análise. O resultado dessa equação possibilita realizar comparações entre os anos de análise de maneira parametrizada com a produção de veículos.



$$VU.Ger.RSIOrd = \frac{\sum RSI. \left(\frac{kg}{ano} \right) + \sum RSOrd. \left(\frac{kg}{ano} \right)}{\sum Veic.Prod \left(\frac{unid}{ano} \right)} \quad (Equação 1)$$

Onde,

VU.Ger.RSIOrd = Massa unitária de resíduos industriais e ordinários gerados na produção de uma unidade de veículo (kg/veíc.prod);

RSI = quantidade de resíduos industriais gerados no ano (kg/ano);

RSOrd = quantidade de resíduos ordinários gerados no ano (kg/ano);

Veic.Prod = quantidade de veículos (unid/ano).

A partir dos valores obtidos na equação 1, foi possível calcular o percentual de redução desses resíduos em relação à geração no início do Programa. Nesse cálculo (equação 2), o indicador de geração do ano de início do Programa (i=0) é subtraído pelo indicador de geração do ano em análise (i=n). Essa subtração é dividida pelo indicador de geração do ano de início do programa (i=0).

$$Ind.Red.RSIOrd(\%) = \frac{VU.Ger.RSIOrd (ti=0) - VU.Ger.RSIOrd (ti=n)}{VU.Ger.RSIOrd (ti=0)} \quad (Equação 2)$$

Onde,

Ind.Red.RSIOrd = Indicador de redução na geração dos resíduos industriais e ordinários (%);

VU.Ger.RSIOrd = Massa unitária de resíduos industriais e ordinários gerados na produção de uma unidade de veículo (kg/veíc.prod);

ti=0, resultados encontrados para o ano de início do Programa (2013);

ti=n, resultados encontrados para os anos consecutivos ao início do Programa.

Observa-se que os resultados da equação 2 permitem verificar reduções na geração dos resíduos RSI e RSOrd, consequentemente, valores negativos representam aumento na geração.

Indicador de reciclagem

O indicador de reciclagem indica se ocorreu aumento no uso da reciclagem como alternativa de destinação para os resíduos gerados. Conforme pode ser visto na equação 3, esse indicador foi obtido por meio da divisão entre o somatório de resíduos enviados para reciclagem e a geração total de resíduos, ambos em toneladas por ano.

Os quantitativos de solvente, óleo vegetal e óleo lubrificante não foram considerados nos somatórios, pois esses resíduos são gerados em processos específicos da fábrica não sendo abrangidos pelo Programa “Aterro Zero”. Os quantitativos de sucata metálica foram avaliados de forma distinta para minimizar distorções no resultado do indicador, uma vez que este resíduo é gerado exclusivamente no processo de corte das carrocerias, em quantidade muito superior aos demais resíduos encaminhados para a reciclagem, principalmente, aqueles gerados nas áreas produtivas foco do Programa “Aterro Zero”.

$$Ind.Rec.RS(\%) = \frac{\sum RS\ reciclados \left(\frac{t}{ano} \right)}{\sum RS\ total \left(\frac{t}{ano} \right)} \times 100 \quad (Equação 1)$$

Onde,

Ind.Rec.RS = fração de resíduos enviados para reciclagem em relação ao total destinado (%);

RS reciclados = quantidade destinada para reciclagem (t/ano);

RS total = quantidade destinada para reciclagem e demais destinos (t/ano);

Os resíduos orgânicos foram considerados como recicláveis nesta análise, pois os mesmos são enviados para compostagem, podendo esta ser considerada como método de reciclagem para os resíduos orgânicos. Portanto, nessa análise foram considerados recicláveis os seguintes resíduos: sucata metálica, papel, papelão, plástico filme, plástico duro e resíduos orgânicos. Esses resíduos são aqueles observados como resíduos descartados de

forma incorreta, conforme avaliado nas caracterizações realizadas como ações do programa ambiental descritas no item resultados.

Indicador de destinação dos Resíduos Industriais e Ordinário (ID. RSIOrd)

Este indicador representa a proporção dos tratamentos e/ou disposição em aterro, adotados para os resíduos industriais e ordinários durante o Programa. O cálculo é baseado na razão entre a quantidade enviada para cada tipo de destino (coprocessamento, incineração ou aterro) e a soma entre os totais de RSI e RSOrd gerados no ano. O valor é obtido por meio da equação 4.

$$\text{ID. RSIOrd}(\%) = \frac{\sum \text{Destinação Adotada}}{\sum \text{RSIOrd total}} \quad (\text{Equação 2})$$

Onde,

ID.RSIOrd = fração destinada para o respectivo tratamento analisado (%);

Destinação Adotada = quantidade de resíduos destinadas para o respectivo tratamento analisado (t/ano)

RSIOrd total = quantidade total de resíduos industriais e ordinários gerada (t/ano)

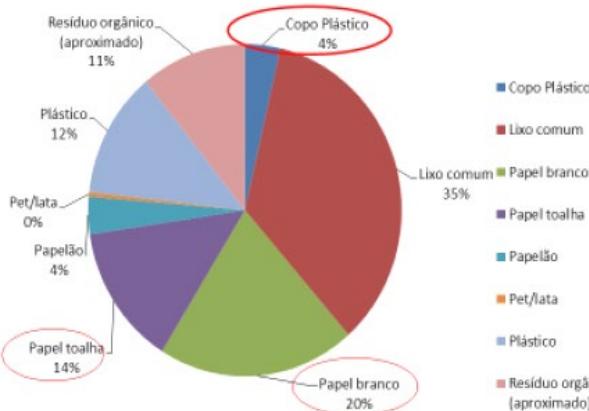
RESULTADOS E DISCUSSÃO

DESCRÍÇÃO DAS AÇÕES DO PROGRAMA “ATERRO ZERO”

O Programa “Aterro Zero” foi concebido para ser realizado em um horizonte de cinco anos. Para alcance das metas, foram criadas ações padronizadas em etapas, sendo elas: caracterização dos resíduos enviados para aterro, avaliação das possibilidades de prevenção, minimização e reaproveitamento dos resíduos gerados junto às áreas geradoras, estudo da possibilidade de reciclagem com avaliação de parceiros ambientais e empresas recicladoras, adequação de estrutura, campanhas de sensibilização e monitoramento contínuo.

A principal ferramenta de planejamento, monitoramento e definição das metas foi o *Global Emissions Manager* (GEM), um sistema automatizado e global, ou seja, utilizado e apresentado para todas as plantas produtivas da companhia no mundo. O mesmo é utilizado para monitorar geração de efluentes, emissão atmosféricas, consumo de água potável, e geração de resíduos. O monitoramento da geração dos resíduos é baseado nos *tickets* de pesagem de cada tipo de resíduo retirado da planta industrial. Esses quantitativos são registrados diariamente em planilhas eletrônicas pela empresa gerenciadora, organizando por resíduo, empresa de destino e tratamento adotado. Ao final de cada mês, esses valores são repassados para a Coordenação Ambiental que insere a informação no GEM. Para acompanhamento e avaliação de rendimento do programa, foi adotado pela Coordenação Ambiental como indicador: a quantidade de resíduos destinados para aterro no ano (em toneladas/ano) sendo definida como meta uma redução mínima de 20% do ano vigente em relação ao ano anterior e zerar a quantidade enviada para aterro no ano de 2017.

A primeira ação do Programa foi realizar a caracterização dos resíduos que eram destinados para aterro (resíduo industrial e ordinário) a fim de definir composição gravimétrica dos mesmos. Para tal, foram realizadas coletas de sacos desses resíduos já descartados nos entrepostos e identificados por entreposto e turno coletado. Os resíduos foram segregados por tipologia e pesados em balança. Esse processo foi repetido nos três turnos obtendo-se médias dos pesos entre os três turnos, além de diferenciar áreas operacionais e administrativas. Vale ressaltar que as coletas foram realizadas sem que as áreas geradoras tivessem conhecimento, evitando-se assim mudanças de hábitos no dia de coleta das amostras. A Figura 1 mostra um exemplo da composição gravimétrica dos resíduos descartados nas áreas administrativas como resíduo industrial, antes da implementação do Programa “Aterro Zero”.



- **Itens significativos:** Papel Branco, Papel toalha e Copos plásticos
- **Motivo:** Segregação e descarte inadequados

Figura 1: Composição gravimétrica do resíduo industrial gerado nas áreas administrativas no ano de 2013, início do Programa “Aterro Zero”.

A partir da composição gravimétrica foi possível verificar a grande quantidade de resíduos descartados de forma incorreta ou por falta de segregação apropriada, com um percentual médio de aproximadamente 45%, dentre todas análises realizadas em áreas administrativas e operacionais. Além disso, possibilitou identificar sobre composição dos resíduos industriais e ordinário, e, consequentemente a busca por rotas tecnológicas mais sustentáveis para os principais componentes. Realizaram-se prospecções junto aos fornecedores de reciclagem para saber quais componentes poderiam ser reciclados. Paralelamente, foram realizadas reuniões com os representantes de cada empresa, principalmente os responsáveis das áreas produtivas, buscando mudanças no processo para que estes resíduos não fossem gerados, fossem reaproveitados ou substituídos por componentes recicláveis. Realizaram-se, também, as “caminhadas ambientais” ou “waste walks”, conforme denominação interna dada para as visitas realizadas pela Coordenação Ambiental às áreas do complexo, buscando identificar *in loco* possíveis mudanças na operação para reduzir geração ou reaproveitar resíduos gerados em outros processos dentro da fábrica. Além de avaliar hábitos dos funcionários em relação ao descarte de resíduo e às estruturas utilizadas para tal fim, propondo melhorias das mesmas, quando necessário. A Tabela 1 mostra os resultados dos valores dos indicadores ao longo dos anos de avaliação do Programa “Aterro Zero”.

Tabela 1: Resultados dos cálculos dos indicadores – Programa “Aterro Zero”.

	2013	2014	2015	2016	2017
Indicador de redução na geração de resíduos industriais e ordinário					
RSIOrd (kg/veículo prod.)	5,93	5,96	4,44	3,08	2,72
RSIOrd em relação ao início do Programa (%)	0%	-1%	25%	48%	54%
Indicador de Reciclagem (%)					
Incluindo sucata metálica	92%	93%	92%	93%	92%
Sem a sucata metálica	40%	42%	37%	42%	47%
Indicador de destinação dos Resíduos Industriais e Ordinário (%)					
Disposição em Aterro	100%	100%	97%	97%	0%
Coprocessamento	0%	0%	2%	1%	86%
Incineração	0%	0%	1%	2%	14%

Esses resultados mostram que ocorreram reduções nas gerações dos RSIOrd em todos os anos em relação ao início de programa. Porém, quando se relacionam esses quantitativos ao número de veículos produzidos, constata-se que no ano de 2014 houve um aumento de 1% na geração desses resíduos por veículo produzido, comprovando que esta redução no quantitativo de destinação não está vinculada ao programa e sim a uma



queda na produção de veículos. A partir do ano de 2015, a fábrica passou a gerar menos desses resíduos por veículo produzido, ou seja, as ações foram mais efetivas e conseguiu-se alcançar, no ano de 2017, 54% de redução na geração quando comparado ao dado de geração no início do programa em 2013.

Pode-se afirmar que o Programa “Aterro Zero” proporcionou resultados positivos à adequação de prioridade de gestão, primeiramente com a redução de 54% na geração dos resíduos, aumento de 7% na utilização da reciclagem como alternativa, e como resultado principal obteve-se a extinção do envio de resíduos e ou rejeitos para aterro. Sendo esse último resultado o de maior expressão, pois proporcionou o alcance de uma meta global dentro da realidade da fábrica. A Tabela 2 mostra, de forma consolidada, os resultados dos indicadores obtidos, sendo destacado em verde resultados positivos e em vermelho resultados negativos, de acordo com a hierarquia da Gestão de Resíduos Sólidos preconizada pela PNRS e as considerações feitas neste trabalho

Tabela 2: Relação dos indicadores e a hierarquia da gestão de resíduos preconizada na PNRS.

	2013	2014	2015	2016	2017
Não Gerar					
Reducir	0%	-1%	25%	48%	54%
Reutilizar					
Reciclar	40%	42%	37%	42%	47%
Tratar	0%	0%	2%	1%	86%
	0%	0%	1%	2%	14%
Coprocessamento					
Incineração					
Dispor em Aterro	100%	100%	97%	97%	0%

Não foi possível avaliar os itens de não geração e reutilização de maneira isolada, pois os dados obtidos para essa análise não estão relacionados diretamente a essas etapas. Portanto, foram incorporados na análise de redução na geração, pois não gerar e reaproveitar colaboram para a redução na geração de resíduos. Vale ressaltar que o Programa “Aterro Zero” focou em apenas uma parcela dos resíduos gerados, portanto, para alcançar maiores resultados de adequação deve-se buscar, de agora em diante, novos programas e projetos visando zerar a utilização do coprocessamento e incineração conforme hierarquia de gestão. Entretanto, pode-se afirmar que, de maneira geral, a fábrica em estudo possui um sistema de gestão dos resíduos bastante eficaz, com aplicação continua de ações para redução na geração dos resíduos e um percentual maior que 90% de reciclagem de todos os resíduos gerados.

Quanto aos custos, nos anos de 2015 e 2016, obteve-se uma redução nos custos de destinação de 13% e 38%, respectivamente. Esses resultados estão diretamente ligados à redução de geração dos resíduos enviados para aterro. Por outro lado, quando ocorreram as mudanças de destinação em larga escala, obteve-se um aumento de 132% no custo de tratamento dos resíduos industriais e ordinário ao final do programa, demonstrando que tais mudanças não foram vantajosas no ponto de vista financeiro, mesmo com os índices de redução desses resíduos, conforme analisado anteriormente.

CONCLUSÕES

O Programa “Aterro Zero” proporcionou: uma redução de 54% na geração dos resíduos enviados para aterro, denominados internamente, como industriais e ordinário, aumentou em 7% a utilização da reciclagem como alternativa de destinação, principalmente, para os resíduos descartados incorretamente; e extinguíu a destinação de resíduos para disposição em aterros.

A utilização do coprocessamento e da incineração, como alternativas para substituir a disposição em aterro, resultaram em um aumento de 132% no custo de tratamento dos resíduos industriais e ordinário, mesmo com as reduções de geração desses resíduos. Demonstrando que se faz indispensável o fortalecimento de ações visando reduções na geração ou utilização de reciclagem antes de realizar mudanças nas alternativas de destinação, que podem não ser financeiramente viáveis.

O Programa “Aterro Zero” proporcionou resultados positivos à adequação de prioridade de gestão preconizado pela PNRS, podendo ser considerada útil na gestão de resíduos em outras indústrias do ramo automobilístico.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BRASIL. Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 3 ago 2010. Brasil, 2010.