

**SIMULAÇÃO EM PROCESSO DE TRIAGEM DE MATERIAIS RECICLÁVEIS**  
***SIMULATION ON PROCESS OF SORTING OF RECYCLABLE MATERIALS***

**Recebimento: 29/8/2016- Aceite: 15/5/2017- Publicação: 30/06/2017**  
**Processo de Avaliação: Double Blind Review**

***Keith Novais de Oliveira<sup>1</sup>***

Graduanda em Tecnologia em Logística  
Faculdade de Tecnologia de Guarulhos  
keith.oliveira@bol.com.br

***Juliana Keiko Tokumori***

Graduanda em Tecnologia em Logística  
Faculdade de Tecnologia de Guarulhos  
julianatokumori@hotmail.com

***Daniele Minucelli Cazorla Andrade***

Graduanda em Tecnologia em Logística  
Faculdade de Tecnologia de Guarulhos  
daniminucellifatec@gmail.com

***João Roberto Maiellaro***

Doutorando em Engenharia de Produção pela Universidade Paulista  
Professor da Faculdade de Tecnologia de Guarulhos  
joaomaiellaro@yahoo.com.br

**RESUMO**

A simulação tem sido tema de muitas pesquisas devido à sua aplicabilidade em diversos seguimentos, assim como, a logística reversa é um conceito que tem sido notado no meio acadêmico. Este estudo aborda a simulação aplicada à uma central de triagem mecanizada de materiais recicláveis coletados na cidade de São Paulo, com o objetivo de demonstrar que é possível usá-la em diferentes processos e cenários, e com esta ferramenta pode-se realizar alterações para análise e proposta de uma melhoria ou mesmo mudança. A metodologia é caracterizada como exploratória, pelo fato de proporcionar uma visão do sistema com possibilidade de alterações, além da pesquisa bibliográfica, entrevista e análise de exemplos. O método empregado foi a abordagem hipotético-dedutiva. A técnica

---

<sup>1</sup> Autor para correspondência: Faculdade de Tecnologia de Guarulhos: R. João Gonçalves, 511 - Centro, Guarulhos - SP, 07010-010. Brasil.

utilizada foi a observação direta intensiva onde obteve-se informações e aspectos da realidade, examinando fatos do objeto de estudo. As análises deste estudo foram atribuídas aos relatórios do software Arena versão 14.7. Como resultado obteve-se melhorias diante de um novo cenário proposto. Entende-se que a simulação é relevante para auxiliar o gerenciamento de processos e, na tomada de decisão, podem-se alterar os panoramas e otimizar os recursos para encontrar o maior aproveitamento. O tratamento de resíduos gerados por grandes cidades é importante pois, ao reciclar, o volume enviado aos aterros sanitários é reduzido, o que contribui para o melhor uso dessas áreas, e menor utilização dos recursos naturais existentes.

**Palavras-chave:** Simulação; Arena; Logística Reversa; Recicláveis.

#### **ABSTRACT**

*The simulation has been the subject of much research due to its applicability in many segments, similarly, to reverse logistics is a concept that has been realized in the academic context. This study discusses the simulation applied to a mechanized sorting of recyclable materials collected in the city of São Paulo, in order to demonstrate that it is possible to use it in different processes and scenarios, and that with this tool you can make changes to analyze and propose an improvement or even a change. The methodology is characterized as exploratory, once it provides an overview of the system with the possibility of changes, and also bibliographical research, interview and analysis of examples. The method was the hypothetical-deductive approach. The technique was the intensive direct observation in which information and aspects of reality were obtained, examining facts of the object of study. The analyses of this study were assigned to Arena Software version 14.7 reports. As a result, it was obtained an improvement of a new proposed scenario. It is understood that the simulation is relevant to assist the processes management and, decision-making, can change the panoramas and optimize resources to find its greatest improvement. The treatment of waste generated by major cities is important because, by recycling, the amount sent to landfills is reduced, contributing to a better use of these areas, and lower use of natural resources.*

**Keywords:** Simulation; Arena; Reverse Logistics; Recyclable.

## INTRODUÇÃO

O desenvolvimento econômico agrupado ao crescimento populacional e o consumismo contribuem para o aumento da quantidade de resíduos sólidos gerados em grandes centros urbanos. Se mal administrados, esses resíduos causam impactos significativos no meio ambiente. Sendo assim, a logística reversa é fundamental para o tratamento e destinação correta dos materiais recicláveis pós-consumo, esta contribui para a redução dos prejuízos ambientais, uma vez que, os resíduos são reaproveitados, restringindo o uso de novas matérias primas e os recursos naturais existentes.

Desta forma, logística reversa é o gerenciamento do fluxo de materiais reverso, ou seja, do ponto de consumo até o ponto de origem. Existe ainda um conceito mais abrangente que é o **ciclo de vida**, pois a vida dos produtos não finaliza com sua entrega ao cliente. Eles se transformam em produtos obsoletos, danificados, ou não exercem mais sua função e devem voltar ao ponto de origem, sendo corretamente descartados, reparados ou reaproveitados (LACERDA, 2002).

Considerada uma “poderosa ferramenta de análise de processos e sistemas complexos” por Correia et al. (2012), a simulação permite estudar, analisar e avaliar diferentes situações. É uma técnica de estudo que vem sendo muito utilizada em diversas áreas devido ao aumento dos recursos computacionais, conforme abordaram Pereira e Dantas (2015) em seu estudo.

A simulação pode desempenhar um papel importante ao abordar a questão da triagem dos resíduos secos, pois por meio desta, analisa-se o processo e pode-se atribuir melhorias e otimização dos recursos.

Recentemente, pesquisadores têm demonstrado um interesse crescente em tratar processos que envolvam logística reversa com simuladores, pois se trata de uma tendência em desenvolvimento no campo acadêmico que é de mera importância global.

Foi levantado como problema de estudo se existe possibilidade de melhorias em um processo de triagem já existente e de aumentar a quantidade de toneladas de materiais recicláveis processadas.

Este tem como objetivo demonstrar que é possível usar a simulação em diversos processos e cenários diferentes, como neste caso, da triagem de materiais recicláveis, e por

meio desta, pode-se realizar alterações para analisar os indicativos antes da tomada de decisão.

Os dados foram coletados por meio de visita realizada na central de triagem no dia 20 de maio de 2016, e pode-se observar quase todo o processo mecanizado e a realização da entrevista com um dos responsáveis pelas operações da empresa.

Este estudo começa por revisão bibliográfica dos temas relevantes da pesquisa. Então, passa-se a apresentar o cenário atual do processo de triagem realizando a simulação. Após a análise dos dados do relatório obtido, sugere-se um novo cenário com alterações, é realizada uma nova simulação e então efetuadas as análises da proposta de melhorias.

Espera-se que o simulador proponha, por meio dos novos dados, melhorias como maximização da capacidade de triagem e otimização dos recursos existentes que resultam em possível redução de custos com mão de obra.

## **1. REVISÃO DA LITERATURA**

O desenvolvimento econômico aliado ao crescimento populacional e o consumismo contribuem para o aumento da quantidade de resíduos sólidos gerados em grandes centros urbanos. Se mal administrados, esses resíduos causam impactos significativos no meio ambiente.

Desta forma, a logística reversa tem sido um conceito bastante abordado nos últimos tempos devido à preocupação com o meio ambiente e o gerenciamento dos recursos naturais, sendo uma escolha para a destinação dos resíduos gerados, por meio do qual, a reciclagem e a coleta seletiva contribuem para a redução dos prejuízos ambientais, uma vez que, os resíduos são reaproveitados, restringindo o uso de novas matérias primas e os recursos naturais existentes.

Os produtos vendidos são compostos por diversos tipos de materiais que podem ser reaproveitados depois de usados, retornando ao ciclo de negócios, ou seja, que fluem no sentido inverso, do consumidor ao varejista ou fabricante. O processo inicia-se com a coleta dos produtos usados, passam pela consolidação e a segregação para se definir os destinos dos materiais, são dados tratamentos como remanufatura, desmontagem, reparos, reciclagem para enfim ocorrer a redistribuição do produto reaproveitado. A logística

reversa agrega valor econômico, de serviços, cria centros de lucratividade e gera sustentabilidade (LEITE, 2009).

A logística reversa tem sido discutida devido sua contribuição para o processo de melhor aproveitamento dos recursos que seriam descartados. Pode ser considerada como a área que propõe a eficiência da prática da recuperação de produtos e tem como intenção minimizar a disposição e o gerenciamento de resíduos tóxicos e não tóxicos (GUARNIERI, 2011, p. 48).

Da mesma forma, a cultura coletiva sobre o meio ambiente tem se estendido nos últimos anos, produzindo discussões em esferas nacionais e internacionais devido à preocupação com os resíduos gerados, mobilizando os níveis de governo, a sociedade civil e a iniciativa privada em busca de soluções para os problemas de gestão de resíduos sólidos.

Após vinte e um anos de debates no Congresso Nacional, foi aprovada a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) que marcou o primórdio de articulação circundando os três entes federados – União, Estados e Municípios. A PNRS conceituou e deu novos rumos à discussão sobre os resíduos sólidos, regularizando a responsabilidade compartilhada de toda a sociedade na gestão dos resíduos sólidos urbanos (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2016).

Complementando a discussão sobre logística reversa, a coleta seletiva é importante porque diminui a quantidade de resíduos enviados aos aterros sanitários e gera renda aos catadores e cooperativas, oferecendo um destino correto e sustentável aos materiais, este conceito é uma tendência global.

A coleta seletiva é de grande importância nas cidades brasileiras, e a destinação correta desses resíduos está entre uma das principais dificuldades que as instituições públicas enfrentam, devido ao impacto ambiental e aos problemas de saúde. Há necessidade de adotá-la por todos os geradores de resíduos, para que os elementos descartados cheguem ao processo de reciclagem ao invés de dispor-se em aterros (CONGRESSO DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO DA UEG, 2015).

A prática da coleta seletiva gera como um de seus desafios a importância da atuação dos trabalhadores como atuantes socioambientais, assim sendo, na consistência com os cidadãos para modificação de cultura e no aporte a recuperação dos resíduos secos domiciliares, a fim de chegar à recuperação máxima de materiais recicláveis e reutilizáveis (AUTORIDADE MUNICIPAL DE LIMPEZA URBANA, 2016).

A literatura tem enfatizado a importância da pesquisa operacional e do desenvolvimento de softwares de simulação que se aproximem do pretendido e sejam de fácil uso. A simulação é importante para prever um comportamento probabilístico, a partir da observação. Chwif e Medina (2014) enfatizam que “o modelo de simulação procura captar o comportamento de um dado sistema e representá-lo como um modelo computacional”.

Estudo realizado por Prado (2006, p. 19) demonstra que “[...] a modelagem de filas pode ser analisada pelo ângulo da simulação, em que não mais se usam fórmulas matemáticas, mas apenas tenta-se imitar o funcionamento do sistema real através de recursos computacionais” e ainda “tudo que pode ser descrito pode ser simulado”.

Entre as tendências da Logística, a Pesquisa Operacional contribui para a tomada de decisão e análise de processos diversos. Uma das técnicas desta é a simulação.

A simulação é uma ferramenta importante de análise que espera produzir o mais perfeito sistema a ser praticado ou aperfeiçoado, aceitando quantificar os efeitos de alterações no sistema, sendo muito empregado em ocasiões em que é oneroso ou difícil o ensaio na situação real.

O modelo de simulação deve ser representado da maneira mais real possível a partir da observação e do levantamento de dados do fenômeno. Três etapas resumem o estudo da modelagem: coleta de dados, tratamento dos dados e conclusão ou indução (CHWIF e MEDINA, 2014).

O software Arena é uma ferramenta que oferece simulações de processos versáteis por meio de animação, entrada, análise de dados, saída e verificação do modelo, com um ambiente de trabalho integrado e extensa variedade de campos. Apresenta deficiências como dificuldade de executar um modelo criado nele em outro programa de simulação; a versão estudante tem limitações; e pouca disponibilidade de documentação de suporte (ARIZA et. al, 2003 p.3 e 4).

São apresentados os fundamentos da simulação, a saber: entidade (objeto ou pessoa que causa alterações nas variáveis de resposta e se movem através de um sistema); recurso (membro estático que pode ser atarefado por uma entidade, com capacidade finita); atributo (aspecto próprio de cada entidade); variáveis (características do sistema que podem ser determinadas previamente pelo programa ou pelo usuário, tem natureza global); sistema (agrupamento de elementos integrados, no qual recebe entradas, as processa e emite saídas

com um objetivo em comum); modelo (exibição da realidade com a finalidade de estudo); evento (fenômeno que causa mudança no estado do sistema) (ARIZA et. al 2003, p. 3 e 4).

Em geral, estes estudos destacam a necessidade de aprimorar as pesquisas relativas à simulação em logística reversa.

Sendo assim, foi realizada uma visita em uma central mecanizada de triagem e transbordo que recebe os resíduos secos recicláveis recolhidos em parte da cidade de São Paulo para coleta de dados e tratamento destes no simulador.

## **2. METODOLOGIA**

Este estudo caracteriza-se como exploratório, pois é particularmente útil no campo da simulação, porque proporciona uma visão do sistema, com possibilidades de melhorias e alterações quando necessárias. A pesquisa envolve levantamento bibliográfico, entrevistas e análise de exemplos para o melhor entendimento.

O método empregado foi à abordagem hipotético-dedutiva, por meio desta fez-se a colocação do problema, como o reconhecimento do fato e a formulação do mesmo.

A técnica utilizada foi à observação direta intensiva, por meio da observação onde se consegue informações e obtêm-se aspectos da realidade, examinando fatos e fenômenos de objeto de estudo, também se empregou a entrevista para a coleta dados que ajuda no diagnóstico do estudo de caso para entender como os materiais recicláveis são tratados no processo mecanizado de triagem após a coleta, para realizar este estudo exploratório sobre a logística reversa.

Para iniciar este estudo, foi elaborado o questionário com base nos dados de entrada do software necessários para a modelagem do sistema.

Após a coleta dos dados, estes foram tratados no simulador Arena versão 14.7 com o intuito de analisar o processo e propor melhorias por meio dos resultados obtidos.

## **3. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

A central mecanizada de triagem em estudo está instalada na cidade de São Paulo, em uma área de três mil metros quadrados. Uma central para processar os resíduos secos é importante porque armazena temporariamente as toneladas de materiais recicláveis que são processados ou compactados e transferidos para uma estocagem provisória.

O processo estudado trata-se de uma triagem de materiais recicláveis, que recebe em torno de 250 toneladas de materiais recicláveis secos, opera em dois turnos, no horário das 07 às 16 horas. O processo se trata de caminhões do tipo coletor de lixo, porém sem compactador (pois o lixo reciclável não entra no processo de triagem compactado), que chegam à central e descarregam os materiais no chão. As máquinas retroescavadeiras recolhem o material e colocam na esteira, e então, inicia-se o processo de triagem, por meio do qual, em cada estação, são separados os materiais pelo tipo. Cada processo por tipo de material é finalizado com a compactação por uma máquina prensa (exceto o vidro e os materiais grandes), e os fardos ou lotes são transportados e estocados. Os dados que alimentaram a simulação baseiam-se na coleta realizada na visita.

O processo inicia-se com a chegada de caminhões (em um tempo triangular de no mínimo a cada 5 minutos, no máximo 20 e em média 10) com aproximadamente 4 toneladas de materiais recicláveis, que são depositados no chão, por meio do qual, uma retroescavadeira recolhe os materiais em um tempo de processo triangular de no mínimo 0.5, no máximo 1.5 e em média 1 minutos. O processo de alimentação da esteira é atribuído aos recursos de uma máquina retroescavadeira e um operador.

Aproximadamente, 40% do material depositado na esteira é considerado rejeito, que não segue para o processo de triagem, e é enviado diretamente para o fosso que abriga os resíduos temporariamente, que posteriormente, seguirão para o aterro sanitário.

O primeiro material recolhido do processo é o vidro, realizado manualmente por um funcionário, no tempo triangular de no mínimo 4, no máximo 8 e em média 6 horas. É formada uma baia com 20 toneladas de vidro, que, quando obtém sua capacidade máxima, é retirada por um caminhão, que realiza a operação em um tempo normal de 5 minutos em média e desvio padrão de 6 minutos.

Após isto, os materiais grandes como o papelão são retirados da esteira por um processo de separação manual realizado por meio de 6 funcionários em uma cabine, que operam em um tempo constante de 0.5 horas para processar 14 toneladas de materiais.

O restante dos materiais segue pela esteira, onde passam por uma máquina denominada abre-sacos que rompem os sacos que comportam os resíduos, essa máquina opera em um tempo triangular de, no mínimo 3, no máximo 8 e em média 5 minutos.

O equipamento balístico separa os papéis, e opera em um tempo triangular de no mínimo 4, no máximo 10 e em média 7 minutos. São armazenadas 15 toneladas de papel,



para serem prensadas em um processo com o tempo normal de 2 minutos e desvio padrão de 3. Os fardos são retirados por um caminhão.

Os materiais que continuam no processo seguem para o separador magnético que trabalha em um tempo exponencial de 9 minutos. Essa máquina retira da esteira os materiais ferrosos, que formar fardos de 4 toneladas e são prensados (pela mesma prensa anterior) e retirados por veículos.

O próximo passo do processo é a retirada de alumínio, realizado pela máquina de indução, que opera em um tempo exponencial de 8 minutos. São formados fardos 5 toneladas e prensados pela mesma máquina prensa, já citada no processo e retirados por um caminhão, que realiza a operação em um tempo normal de 5 minutos em média e desvio padrão de 6 minutos.

Finalmente, os materiais restantes na esteira são os plásticos, que formam 3 toneladas, prensadas da mesma maneira dos outros materiais e retirados por um caminhão que realiza a operação em um tempo normal de 5 minutos em média e desvio padrão de 6 minutos.

Foram simulados cinco dias de trabalho da central de triagem, com oito horas diárias.

A entidade inicial do processo são as toneladas de resíduos recicláveis, que são representadas por sacos de lixo no modelo da simulação. Durante o processo, as entidades são alteradas conforme o tipo de material separado.

Como pode ser visto na Figura 1, o relatório obtido pelo software, identifica que 517 toneladas de materiais recicláveis foram processadas.

Figura 1 – Relatório de resultado de entidades processadas



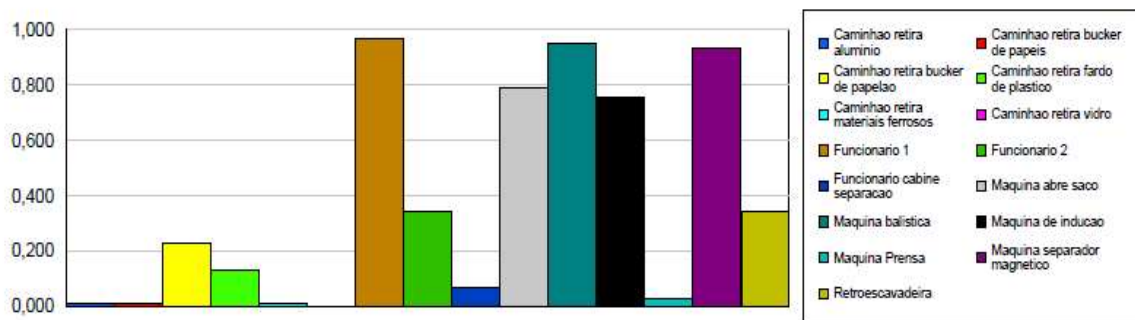
Fonte: Autores, 2016.

O material alumínio apresenta um tempo médio de espera para ser processado de 1.308 minutos; os metais ferrosos 861 minutos; os papéis 6.387 minutos; o papelão 39 minutos; o plástico 906 minutos e as toneladas de material reciclável 1,51 minutos em média para entrar no processo.

Os lotes de materiais levam tempos diferentes para serem formados, o de papel, 255 minutos em média; o de alumínio, 175 minutos; o de materiais ferrosos, 111; o de plástico, 10; o de papelão, 32. Os processos apresentam tempos médios variados, sendo o do abre-sacos de 30 minutos em média; o balístico, 111; a alimentação da esteira, 1,51; o de retirada de vidro, 775; o separador por indução, 35; o separador magnético, 92; a máquina prensa não apresenta tempo de espera.

Por ser utilizado um caminhão diferente para cada tipo de material, este recurso apresenta muita ociosidade como pode ser observado na Figura 2.

Figura 2 – Utilização dos recursos



Fonte: Autores, 2016.

O gargalo notado no processo é o funcionário 1, que realiza a separação dos vidros manualmente, com 96,93% de utilização, enquanto que o funcionário 2 é utilizado 34,39% de sua capacidade de trabalho. A cabine de separação de materiais grandes, composta por seis funcionários mostra-se ociosa, pois tem uma utilização de 6,87% de sua capacidade.

A máquina mais utilizada é a balística, com 94,79% de sua capacidade, em segundo lugar, o separador magnético, com 93,38%, a máquina abre-saco tem uma utilização de 78,97%, a máquina de indução 75,60% e a prensa 2,79% de sua capacidade. A retroscavadeira, que é considerada um processo, tem uma utilização de 34,39%.

Sendo assim, identifica-se que melhorias podem ser sugeridas e simuladas para um melhor aproveitamento dos recursos do processo.

Desse modo, foi proposto um novo cenário e, por meio da simulação realizada e do relatório obtido pelo software, identifica-se que aumentou a quantidade de materiais processados para 522 toneladas, como mostra a Figura 3, e ocorreu o melhor aproveitamento dos recursos existentes que resulta em redução de custos com mão de obra obtida pela redução de funcionários na cabine de separação e maquinário no processo de separação de esteira.

Figura 3 – Relatório de resultado de entidades processadas no novo cenário



Fonte: Autores, 2016.

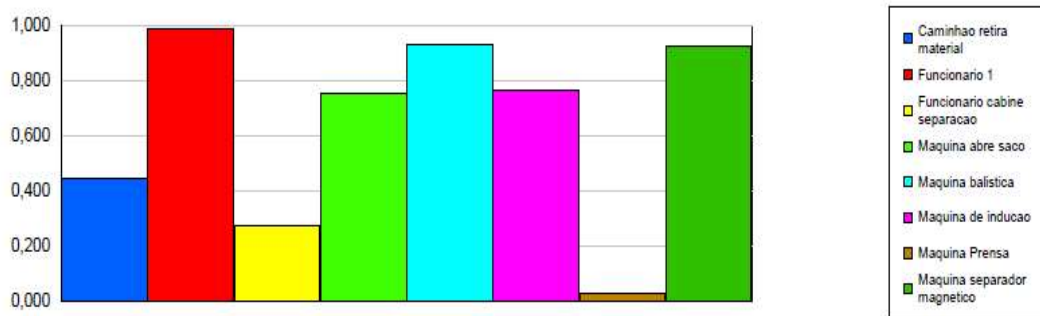
O material alumínio apresenta um tempo médio de espera para ser processado de 1.222 minutos, que demonstra redução de 6,57% em relação ao modelo de processo sem melhoria; os metais ferrosos 1.215 minutos, com 41,11% de aumento; os papéis 6.651 minutos, com 4,13% de aumento; o papelão 42 minutos, com 7,69% de aumento; o plástico 738 minutos, com redução de 18,54% e as toneladas de material reciclável entram imediatamente no processo, sem fila de espera no qual ocorria anteriormente.

No modelo de melhoria proposto os lotes de materiais apresentaram um aumento para serem formados em comparação com o modelo de processo sem melhoria. O fardo de papel com 22,74% de aumento; o de alumínio com 8,57%; o de materiais ferrosos com 44,14%; o de papelão com 6,25%; com exceção do plástico que teve redução do tempo de 10%. Os processos apresentam tempos médios variados, a maioria dos processos teve diminuição do tempo, sendo do abre-sacos de 10%; o balístico de 19,82%; o separador por indução de 2,85%; o de retirada de vidro de 5,29% e o separador magnético de 36,95%; a máquina prensa continua não apresentando tempo de espera.

Devido ao baixo aproveitamento do recurso de retirada de lotes ou fardos de materiais efetuados por diversos caminhões, na proposta de melhoria o trabalho de recolhimento dos fardos foi reduzido para um caminhão, que apresenta utilização de 44,30%.

O gargalo no novo modelo continua sendo o funcionário 1, como pode ser observado na Figura 4, que realiza a separação dos vidros manualmente, com 98,96% de utilização, com um aumento de 2,03% em relação ao processo sem melhoria. A cabine de separação de materiais grandes, foi reduzida para 3 funcionários, com uma utilização atual de 27,50% de sua capacidade.

Figura 4 – Utilização dos recursos no novo cenário



Fonte: Autores, 2016.

A máquina mais utilizada continua sendo a balística, com 93,24% de sua capacidade, em segundo lugar, o separador magnético, com 92,63%, a máquina abre-saco tem uma utilização de 75,34%, a máquina de indução 76,46% e a prensa 2,51% de sua capacidade.

Deste modo, o modelo proposto apresentou vantagens com relação ao melhor aproveitamento dos recursos e redução de custo de mão de obra e desvantagens em relação aos tempos de processo de alguns materiais que aumentaram.

Uma melhoria sugerida é a retirada do processo de alimentação da esteira realizado pela retroescavadeira sendo substituído pela colocação do material diretamente na esteira. E também a diminuição da mão de obra que estava ociosa em algumas etapas do processo e a otimização da retirada de lotes ou fardos de cada material.

Na simulação do modelo proposto alguns materiais apresentaram maior tempo de espera no processo devido a diminuição da quantidade de funcionários em uma das etapas, a quantidade de toneladas processadas teve um acréscimo de 0,96%.

Por meio dos resultados do relatório do modelo atual, foram realizadas várias tentativas de melhoria para o processo e obtiveram-se alguns possíveis aprimoramentos. Por exemplo, o primeiro processo de alimentação da esteira que atualmente é realizado por uma máquina retroescavadeira que conseqüentemente tem um operador representado no modelo pelo funcionário 2 com utilização de 34,39%. Devido a esse baixo emprego, foi retirado e substituído pelo caminhão que ao invés de jogar os materiais no chão, para posteriormente serem movimentados pela retroescavadeira, jogaria os materiais recicláveis diretamente num fosso que alimenta a esteira, diminuindo o tempo da entidade parada no processo.

Foi identificada ociosidade no processo cabine de separação de materiais grandes realizado no modelo atual por 6 funcionários, com uma utilização de 6,87%, com isto no modelo de melhoria reduziu-se a quantidade para 3 funcionários, com aproveitamento de 27,50%, e seu tempo de 30 minutos passou a ser 1 hora para processar a mesma quantidade de material por hora.

Nota-se que a porcentagem de aproveitamento do funcionário 1 que faz a separação de vidro não foi reduzido, passando para 98,96%.

No modelo atual o recurso de retirada de materiais de cada tipo por um caminhão diferente não apresenta um bom aproveitamento, porque durante o tempo simulado alguns fardos não foram formados devido a alguns tipos de materiais terem baixa entrada no processo. Como melhoria, o processo de retirada foi reduzido para um caminhão apenas, que recolhe os fardos de todos os tipos de materiais, entretanto seu aproveitamento foi de 44,30%. Este único recurso poderia transportar os fardos para um armazém de estoque provisório já existente na central de triagem de materiais recicláveis.

Juntos, estes resultados fornecem introspecções importantes apresentando proposta de melhoria que pode reduzir custos de mão de obra, equipamentos, manutenção, entre outros, e o melhor aproveitamento dos recursos existentes no cenário atual da central de triagem.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A aplicabilidade desse estudo aproximou-se da realidade observada na empresa, sendo simulados cinco dias de trabalho da central de triagem, com oito horas diárias. Após análises dos relatórios foram realizadas melhorias possíveis de serem aplicadas no ambiente da organização.

Como sugestão para futuros estudos, tem-se a aplicação da simulação na estação de transbordo dos resíduos não recicláveis coletados e os rejeitos para os aterros, que não está ligado ao mesmo processo de coleta seletiva, mas engloba a área pesquisada.

O uso da tecnologia de separação de materiais recicláveis é importante para atribuir maior produtividade no tratamento desses materiais.

O objetivo inicial do estudo foi de demonstrar a possibilidade de utilização da simulação por meio do software Arena 14.7 em diversas áreas, como neste caso, em uma central de triagem mecanizada de materiais recicláveis, sendo possível trabalhar com alterações e analisar os indicativos antes da tomada de decisão.

Conforme o problema inicial a simulação do processo foi possível de ser realizada aproximando-se do cenário real. Posteriormente com o novo cenário, sugeriu-se melhorias, resultando um aumento de 5 toneladas de material reciclável processado.

Mesmo com a retirada de um processo e diminuição de mão de obra no cenário de melhoria, não ocorreu um aumento significativo no resultado final de toneladas de materiais processados, porém resultou-se na possível redução de custos.

A reciclagem é fator primordial na logística reversa de tratamentos de resíduos gerados por uma metrópole como São Paulo, pois, ao reciclar, o volume enviado aos aterros sanitários é reduzido, o que contribui para um melhor aproveitamento dessas áreas, e menor utilização dos recursos naturais existentes.

## **REFERÊNCIAS**

ARIZA, Aldo Fábregas; ROJAS, Rodrigo Wadnipar; ARBOLEDA, Carlos Paternina; HERRERA, Alfonso Mancilla. **Simulación de sistemas productivos con Arena**. Barranquilla: Ediciones Uninorte, 2003. 208 p.

AUTORIDADE MUNICIPAL DE LIMPEZA URBANA, 2016, São Paulo. **Plano de coleta seletiva de resíduos secos domiciliares: Modalidade porta a porta**. São Paulo: Prefeitura de São Paulo, 2016. 15 p.

CASTILHOS JUNIOR, Armando Borges de, et al. **Resíduos Sólidos Urbanos: aterro sustentável para municípios de pequeno porte**. Rio de Janeiro: ABES/RiMa, 2003, 294p. Disponível em: < <https://www.finep.gov.br/images/apoio-e-financiamento/historico-de-programas/prosab/ProsabArmando.pdf>>. Acesso em: 14 mai. 2016.

CHWIF, Leonardo; MEDINA, Afonso. **Modelagem e Simulação de Eventos Discretos**, 4ª Edição: Teoria e Aplicações. Elsevier Brasil, 2014.

CONGRESSO DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO DA UEG, 2015, Goiás. **A participação do consumidor-gerador de resíduos e sua contribuição no instrumento da coleta seletiva prevista na política nacional de resíduos sólidos**. Goiás, GO: Universidade Estadual de Goiás, 2015. 10 p. Disponível em: <<http://www.anais.ueg.br/index.php/cepe/article/view/5943/3714>>. Acesso em: 27 ago. 2016.

CORREIA, Rony Rodrigues, et al. Simulação do Fluxo de Ônibus no Terminal de Integração do Varadouro: um estudo computacional. In: XXXII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 15 a 18 de outubro de 2012. Bento Gonçalves-RS, Brasil **Anais eletrônicos da Associação Brasileira de Engenharia de Produção**, p. 1-12. Disponível em: <[http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2012\\_TN\\_STP\\_162\\_946\\_19581.pdf](http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2012_TN_STP_162_946_19581.pdf)>. Acesso em: 27 ago. 2016.

GUARNIERI, Patrícia. **Logística reversa: em busca do equilíbrio econômico e ambiental** – 1 ed. – Recife: Ed. Clube de Autores, 2011.

LACERDA, Leonardo. **Logística reversa: uma visão sobre os conceitos básicos e as práticas operacionais**. Rio de Janeiro: COPPEAD/UFRJ, p. 6, 2002.

LEITE, Paulo Roberto. **Logística Reversa: Meio ambiente e competitividade**. 2. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2009.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Resíduos Sólidos**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/residuos-solidos>>. Acesso em: 14 mai. 2016.

PEREIRA, Marina Meirelles; DANTAS, Maria Jose Pereira. Aplicação da modelagem e simulação nos sistemas de filas M\_M\_S-Entendendo a natureza da simulação. In: XXXV Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 13 a 16 de outubro de 2015, Ceará-CE. **Anais eletrônicos da Associação Brasileira de Engenharia de Produção**, p. 1-18. Disponível em: <[www.abepro.org.br/biblioteca/TN\\_STO\\_215\\_271\\_28235.pdf](http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STO_215_271_28235.pdf)>. Acesso em: 27 ago. 2016.

PRADO, Darci Santos do. **Teoria das Filas e da Simulação**. Nova Lima-MG: INDG, 2006.