

ESTUDO COMPARATIVO NO BENEFICIAMENTO E SELEÇÃO DE MATERIAIS REICLÁVEIS POR MEIO DA MODELAGEM CONCEITUAL

Lucas Faria Reis

Universidade Federal de Itajubá
Av. BPS1303, 37500903, Itajubá - MG
lfariareis@gmail.com

Bruno Alo Martins

Universidade Federal de Itajubá
Av. BPS1303, 37500903, Itajubá - MG
xfaulz@hotmail.com

Josiane Palma Lima

Universidade Federal de Itajubá
Av. BPS1303, 37500903, Itajubá - MG
jplima@unifei.edu.br

RESUMO

O objetivo geral deste trabalho é analisar por meio da modelagem conceitual, alterações realizadas em um processo de beneficiamento e seleção de materiais recicláveis. O trabalho utiliza métodos qualitativos através da pesquisa bibliográfica e estudo de caso. O objeto de estudo foi uma Associação de Catadores de Lixo de Itajubá – MG. Esta associação passou por algumas mudanças em seu processo, tornando-se importante neste momento avaliar os efeitos destas mudanças. O projeto de modelagem demonstra a ocupação de funcionários e maquinário, operações e sequenciamento de atividades, dando suporte a um futuro projeto de simulação e possibilitando avaliar futuros cenários de melhoria, orientando os tomadores de decisão da Associação a planejar as próximas mudanças aplicáveis ao processo.

Palavras-chave: Modelagem, Mapeamento de Processo, Materiais Recicláveis

Área Principal: Simulação

ABSTRACT

The main goal of this work is to analyze using modeling, changes made in a process of beneficiation and selection of recycle materials. It uses qualitative methods by referencial research and case study. The object of study as the Association of Garbage collectors of Itajubá from Minas Gerais State, Brazil. The association passed through changes in the process, becoming importante measure and evaluates the impact and effects of this shift. The modeling Project shows the occupation of employee and machinery, operation and sequencing of activities, providing support to a future simulation Project and enabling the evaluation of different scenarios, providing the decision makers with proper information to plan the better and next applicable improvement on the process.

Keywords: Modeling; Process Mapping; Recyclable Materials

1 Introdução

O debate sobre sustentabilidade urbana assumiu maior relevância nos últimos anos, principalmente depois da Conferência Mundial de Meio e Ambiente e Desenvolvimento na cidade do Rio de Janeiro (ECO-92). Entre as principais questões abordadas está a gestão sustentável de resíduos sólidos e materiais recicláveis. A política de gestão de resíduos sólidos inclui a coleta, o tratamento e a disposição de resíduos. Em contraposição aos antigos sistemas de tratamento desses resíduos, que tinham como prioridade a disposição final, os sistemas atuais devem ter como prioridade o formato cíclico, onde a quantidade de resíduos a serem reaproveitados dentro do sistema produtivo seja cada vez maior e a quantidade a ser disposta, menor.

Aproveitando uma brecha do mercado, os catadores de material reciclável organizados em associações têm reaproveitado cada vez mais os materiais descartados para fabricação de novos produtos, através dos processos de reciclagem, o que pode representar economia de matéria prima, de energia fornecida pela natureza e ainda, geração de renda. Porém, o gerenciamento do material coletado e separado nos depósitos destas associações ainda é algo que quase não acontece, sendo um desafio que pode trazer muitos benefícios tanto para aqueles que dependem da coleta para sobreviver, quanto para os organismos que investem recursos para o desenvolvimento das atividades de seleção e destino dos resíduos sólidos urbanos (OLIVEIRA *et al.*, 2009).

Todo material coletado deve passar por uma série de etapas de beneficiamento, para agregar valor ao produto, que no caso das associações, é o resíduo sólido, limpo e embalado (por meio de fardos), pronto para a venda. Parreira *et al.* (2009) comenta que a baixa produtividade nos empreendimentos associativos de reciclagem tem um efeito direto sobre as arrecadações das associações, implicando na baixa remuneração dos catadores e em dificuldades para fazer investimentos de melhorias no processo. Mais indiretamente, a baixa produtividade restringe a ampliação da coleta seletiva e, conseqüentemente, minimiza os benefícios potenciais da reciclagem para o meio ambiente. O faturamento das associações de catadores depende quase exclusivamente da comercialização dos materiais. Portanto, a baixa produtividade destes empreendimentos reflete diretamente na renda dos associados, que por sua vez influencia a “motivação” para o trabalho e é também fonte conflitos e indisciplinas.

O objetivo geral deste trabalho é analisar por meio da modelagem, alterações realizadas em um processo de beneficiamento e seleção de materiais recicláveis. O trabalho utiliza métodos qualitativos através da pesquisa bibliográfica e estudo de caso. O objeto de estudo é uma Associação de Catadores de Lixo de Itajubá – MG. Esta associação passou por algumas mudanças em seu processo, tornando-se importante neste momento avaliar os efeitos destas mudanças.

2 O processo produtivo de materiais recicláveis

Materiais recicláveis são aqueles que após sofrerem uma transformação física ou química podem ser reutilizados no mercado, seja sob a forma original ou como matéria-prima de outros materiais para finalidades diversas. No Brasil, de acordo com os dados do Movimento Nacional dos Catadores de Material Reciclável – MNCR (2007), os catadores de material reciclável estão presentes em 3.800 municípios brasileiros. São compreendidos como: as pessoas que vivem e trabalham, individual e coletivamente, na atividade de coleta, triagem e comercialização de materiais recicláveis. Rodrigues (1997) aponta que há mais de cinquenta anos temos a presença dos catadores de material reciclável nas ruas dos grandes centros urbanos.

Para Carmo (2005), os catadores desconhecem completamente os aspectos que envolvem a logística do processo de reciclagem, desconhecimento muitas vezes atribuído ao baixo nível de escolaridade. Já Leal *et al.* (2002) ponderam que o catador de material reciclável participa como elemento base de um processo produtivo lucrativo, porém, paradoxalmente, trabalha em condições precárias e não obtém ganho que lhe assegure uma sobrevivência digna.

De um modo geral, os processos relacionados ao tratamento dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) abrangem as etapas de coleta, que consiste em recolher o material na rua; beneficiamento, que seria o tratamento adequado ao material coletado; e disposição final na qual os resíduos sólidos que passam pelo processo de reciclagem ou compostagem, são transformados em matéria-prima e retornam à cadeia produtiva. Segundo Simonetto e Borenstein (2006) na etapa da reciclagem os materiais são transportados para uma unidade de triagem, onde é feita uma separação mais criteriosa dos materiais visando a sua comercialização. As unidades de triagem devem possuir prensas para que os materiais recicláveis como papel, papelão, alumínio e plástico, possam ser enfardados para facilitar a estocagem, transporte e comercialização.

Portanto, são vários os processos envolvidos desde a geração dos resíduos sólidos até seu destino final. Já para as associações de catadores, a maior importância é dada aos processos de beneficiamento dos RSU, pois são os que fazem parte da estrutura de produção na organização. Dentro dessa cadeia, o processo produtivo das associações consiste na coleta dos materiais, distribuição nos boxes, triagem, prensagem e amarração dos fardos, armazenagem e comercialização. Assim, para alcançar o sucesso do empreendimento, uma organização deve gerir seus processos de forma organizada, utilizar técnicas para observar os gargalos existentes e buscar a melhoria da produtividade com análises frequentes sobre a existência de atividades que não agregam valor e que poderiam ser eliminadas, simplificadas ou combinadas.

3 Modelagem conceitual por meio de mapeamento de processo

O crescimento em produtividade e qualidade na indústria é um resultado direto da automação. Como os sistemas de automação vem se tornando cada vez mais complexos, faz-se imprescindível o uso da simulação. Os custos de equipamentos e instalações são cada vez mais altos. Computadores se tornam mais acessíveis, baratos e rápidos. Melhorias em softwares de simulação reduziram o tempo de desenvolvimento de modelos, agilizando todo o processo de modelagem. Banks *et al.* (2005) afirmam que o maior benefício da utilização da simulação é a possibilidade de obter uma visão geral (macro) do efeito de uma pequena mudança (micro) no sistema. De uma maneira geral, o processo de simulação pode ser dividido em três fases: concepção, implementação e análise.

De todas as atividades envolvidas em um projeto de simulação, a conceituação do modelo é provavelmente a que recebe menor atenção, e conseqüentemente, se torna a menos compreendida. Em uma pesquisa (Wang e Brooks, 2007) foi verificado que a fase de modelo conceitual, na fase de concepção, toma maior parte do tempo em projetos de simulação que são realizados por pessoas com alto grau de conhecimento em simulação e afins. Essa porcentagem cai drasticamente quando tal projeto é realizado por iniciantes na área. Durante a criação do mapeamento conceitual, a principal preocupação se deve ao uso de técnicas de mapeamento de processos nas quais não foram desenvolvidas para uso direto em projetos de simulação, podendo acarretar um desvio dos objetivos básicos do modelo. De acordo com Brooks e Robinson (2001) um modelo conceitual pode guiar a fase de coleta de dados, de modo a definir pontos de coleta, assim como facilitar e agilizar a elaboração do modelo computacional. Na etapa da modelagem conceitual é importante evitar modelos complexos com detalhes irrelevantes e que não compreende completamente as questões fundamentais do sistema. Para evitar esses erros, o modelo abstrato deve ser desenvolvido com alguma técnica de representação, a fim de torná-lo mais fiel a realidade, de modo que outras pessoas possam entendê-lo (PINHO *et al.*, 2009).

Várias técnicas são utilizadas para se efetuar o mapeamento de processos, como: Blueprint, que representa todas as transações em um processo de prestação de serviços, na qual uma “linha de visibilidade” divide as atividades de contato direto e indireto com o cliente; Fluxograma que é uma representação, por meio de símbolos padronizados, dos processos analisados; Mapofluxograma, que consiste em um fluxograma disposto sobre a planta do local onde o processo é desenvolvido; UML, que é um fluxograma com ênfase temporal de alguma atividade; o IDEF-SIM (Integrated Definition methods-Simulation), que utiliza uma linguagem gráfica e textual, na melhoria da visualização das conectividades existentes entre as diversas funções de um processo. A sistematização desta metodologia possibilita que o registro das

informações aconteça em simultaneidade com o desenvolvimento do modelo, fazendo com que a comunicação entre os analistas, modelistas, gestores e usuários flua de forma ágil, coesa e disciplinada.

Dentre as técnicas disponíveis, são utilizados neste trabalho o mapa de processo, o mapofluxograma e o IDEF-SIM. O primeiro para representar os processos correlacionados, o segundo para verificar se há cruzamentos de fluxos desnecessários no galpão da ACIMAR e o terceiro como forma de desenvolver um modelo conceitual que poderá ser utilizado em trabalhos futuros para fins de simulação.

4 Estudo de caso

O município de Itajubá está situado na região sul do estado de Minas Gerais, a 418 km da capital, localizado às margens do rio Sapucaí, na Serra da Mantiqueira. Com aproximadamente 100.000 habitantes e densidade demográfica de 307,49 habitantes por km². No município, um dos responsáveis pela coleta seletiva é a ACIMAR, Associação dos Catadores Itajubenses de Material Reciclável. A associação possui atualmente em torno de 25 catadores associados, sendo que as atividades da ACIMAR trazem benefício direto a cerca de 100 pessoas (catadores e seus familiares) e benefício indireto a cerca de 25.000 pessoas (número de habitantes dos bairros onde é feita a coleta seletiva). A associação recebe assessoria e auxílio da Incubadora Tecnológica de Cooperativas Populares (INTECOOP), vinculada à Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI), e da Prefeitura Municipal. Esta última fornece um galpão para a realização das atividades da associação, equipamentos (prensa, empilhadeira, telefone etc.) e um funcionário técnico-administrativo. A Associação conta com um caminhão carroceria de madeira, adaptado com gaiola, com capacidade de 12 m³. No galpão é feita a armazenagem do material, a triagem, a prensagem, a pesagem e as atividades administrativas.

Nos últimos três anos a ACIMAR passou por algumas modificações, tanto de instalações físicas quanto no modo como as atividades são realizadas e processadas. O escopo maior deste trabalho é analisar as alterações que ocorreram de 2010 a 2013 (até o presente momento) nos processos e instalações da ACIMAR, utilizando-se para esse fim a técnica de mapeamento de processos.

Tem-se como base de análise inicial o trabalho desenvolvido por Lobato *et al.* (2010), no ano de 2010, em que na ocasião foi realizado o levantamento de dados seguido de mapeamento do processo. O levantamento realizado neste ano pode ser comparado com os mapas de processo desenvolvidos para a situação atual (Março de 2013), verificando melhorias já executadas pela gestão da ACIMAR e outras que ainda precisam ser implementadas.

4.1. Identificação das atividades relacionadas ao processo de seleção de materiais recicláveis

Para o entendimento inicial das atividades realizadas pela associação dentro do galpão, além de observação, foram realizadas entrevistas com os associados a fim de caracterizar claramente os processos, entradas, saídas, fornecedores e clientes, sob uma visão macro de tudo o que é desempenhado no galpão, a partir do momento em que chegam os resíduos coletados.

Por meio de entrevistas e observações Lobato *et al.* (2010) verificaram primeiramente que, ao chegar ao galpão, o caminhão com os catadores e seus respectivos *bags* depositavam as sacolas na entrada do galpão e, em seguida, cada catador com seu *bag* procurava na área do galpão um local que permitia a realização da triagem dos resíduos coletados. Na etapa da triagem, todo o material coletado era classificado em 13 tipos: PET verde, PET transparente, PET óleo, Tetra park, PAD branco, PAD colorido, plásticos em geral, materiais eletrônicos, papelão, papel branco, latas de alumínio, vidros e metais. Depois de realizada a triagem, cada catador levava todo material triado para a pesagem e, em seguida, armazenava cada tipo de resíduo no seu local correspondente no galpão. Em seguida, o responsável por operar a prensa da associação, com o auxílio de um ajudante, inspecionava rapidamente o material, para verificar se, por acaso, haviam materiais diferentes misturados, enquanto os colocava na prensa. Durante a prensagem, eram amarrados arames ao redor do fardo para evitar que este se desfaça durante sua estocagem. Por fim, o material enfardado era estocado no seu local correspondente até a expedição, que ocorria uma vez por mês, quando os clientes retiravam o material comprado do galpão.

Novas entrevistas e observações foram realizadas para caracterizar as atividades na situação atual. Diferentemente do que se tinha em 2010, agora são dois tipos de associados, classificados como os internos e os externos, sendo os externos aqueles que fazem também a coleta e os internos só trabalham dentro do galpão. Foi um meio que a associação encontrou para trabalhar com materiais que chegam de doações e aqueles que vêm da coleta seletiva de rua.

Primeiramente o caminhão é descarregado, o material é colocado em qualquer lugar do galpão. Daí então, os trabalhadores internos procuram um lugar disponível para começar a triagem. Quando começada a triagem, o lixo é dividido em 11 tipos, são eles: Pet Branco, Pet Verde, PAD Branco, PAD Cor, Pet Óleo, Tetra Pá (Caixinha de leite), PP Cor, PP Branco, Apará Branca, Apará Cor, Papelão. Os quatro primeiros tipos têm baias específicas (locais de armazenagem), os PP'S e Apará's, são colocados todos juntos no canto esquerdo do galpão. Já o papelão é colocado perto da prensa para facilitar. Depois de separados, o lixo é levado para prensa dentro das bags. Depois de prensada, o produto final é armazenado nos arredores da prensa. O caminhão pega o material no mesmo lugar que é descarregado e esse processo é feito uma a duas vezes por semana. Cada catador externo possui sua própria baia, aonde é realizada a separação do material. De lá, o material já separado é colocado nas bags e trazido para o galpão para fazer a pesagem. A bag cheia é colocada na balança e pesada. Em seguida o material é colocado nas baias (de material separado). A partir deste momento o processo se torna igual para os dois tipos de catadores. A pesagem só é feita para o lixo que vem da coleta de rua (catadores externos), pois sabendo quanto cada um coletou, esse valor pode ser subtraído do valor final de venda do lixo já prensado. Depois da pesagem todos os resíduos se misturam, ou seja, não há mais separação dos internos e externos.

O mapeamento foi o método utilizado para entender e analisar todas as atividades, pessoal, maquinário e deslocamentos realizados pela ACIMAR. A Figura 1 e 2 apresentam os mapas desenvolvidos para caracterização e avaliação do processo de seleção de RSU com dados coletados em 2010 e em 2013, respectivamente. Os mapas contêm sete fluxos de atividades caracterizados pelas atividades desempenhadas e necessárias para cada tipo de material. Os materiais representados no mapa foram classificados em Materiais Plásticos (MP), Papelão (PP), Papel branco (PB), Latas (L), Vidros (V) e Metais (M) materiais eletrônicos (ME).

Nota-se que as atividades desempenhadas em 2010 são contabilizadas num total de 63 operações, divididas em: 18 operações, 26 movimentações, 9 esperas, 2 inspeções e 9 armazenagens. Já para a realidade atual, mesmo as instalações e o layout do local serem outros, poucas mudanças foram realizadas nas atividades desenvolvidas, contabilizando 13 operações, 23 movimentações, 9 esperas e 8 armazenagens, com uma inspeção.

As alterações realizadas de um período de análise para o outro podem ser observadas nos elementos hachurados do mapa da Figura 2. A Figura 1 mostra que os ME não passavam por desmanche logo depois da triagem dos materiais, pois a ACIMAR não trabalhava com a venda destes materiais para reciclagem até 2011. Atualmente a associação possui clientes que compram algumas peças específicas de materiais eletrônicos e outras são descartadas, representando ainda um problema ambiental para a população.

No momento da mudança de local e das novas instalações a ACIMAR considerou relevante alguns ajustes nas atividades, pois com a mudança a prefeitura investiu na compra de mais uma prensa. No mapeamento apresentado na Figura 1, elaborado antes da aquisição de mais uma prensa era perceptível o gargalo nesta atividade, em que um mesmo operador realizava a atividade de prensagem e enfardamento utilizando apenas um equipamento, o que ocasionava a geração de fila nesta tarefa.

Os MP e os PP que dependem da prensa continuam apresentando a mesma sequência de atividades. Entretanto, houve uma alteração significativa no processo. Observa-se na Figura 2 que o material é primeiro prensado e enfardado para depois ser pesado, o contrário do que acontecia em 2010. Ainda, observa-se que a inspeção do material antes de ser prensado foi retirada do processo, pois atualmente esta atividade ocorre logo no início, no momento em que o material é separado. O fato de aquisição de mais uma prensa colaborou para esta nova configuração do processo, diminuindo as filas de espera antes de o material enfardado ser

armazenado. O material enfardado é armazenado até o momento da expedição, em que passa pela pesagem e vai para o caminhão.

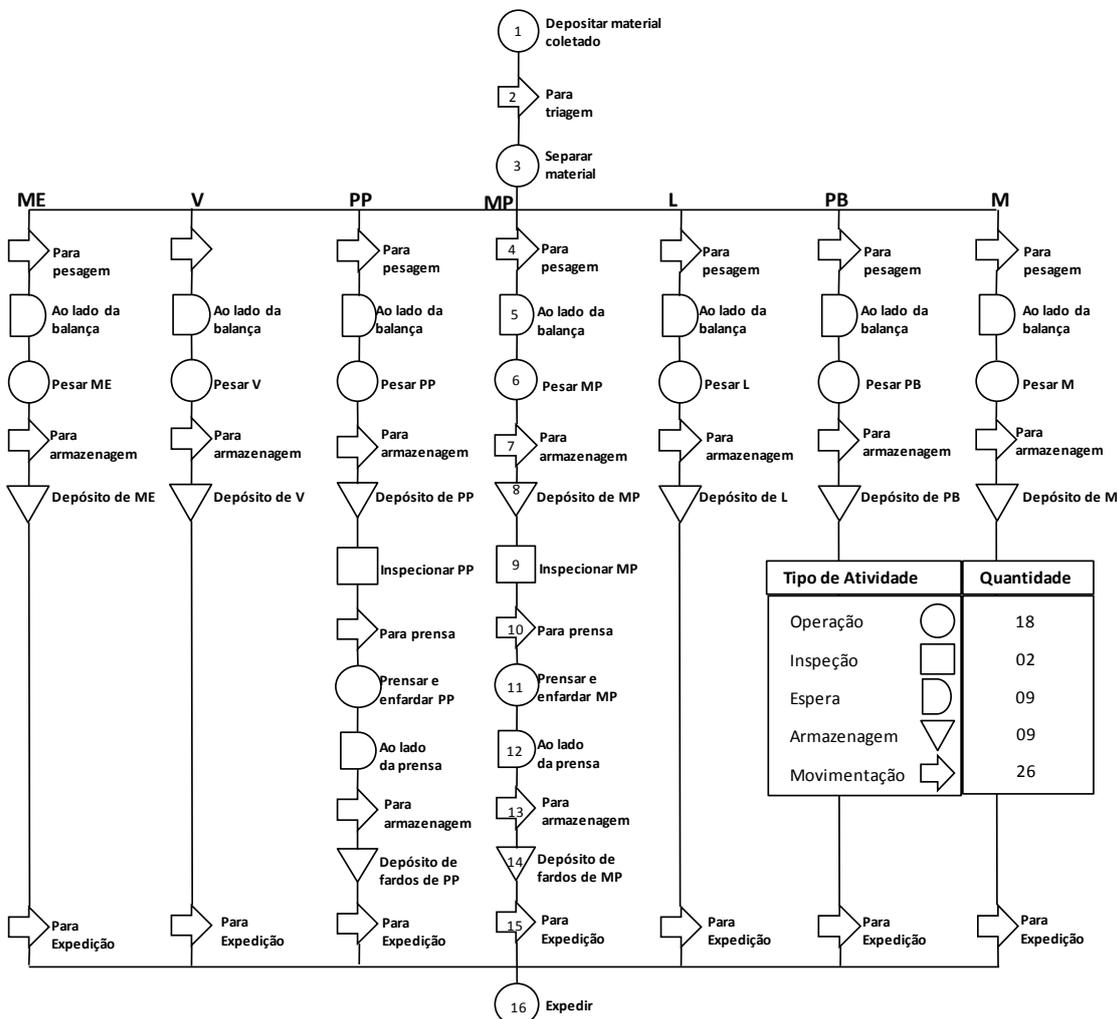


Figura 1 - Mapa do macroprocesso de seleção de RSU - Ano 2010

Considerando que a Operação é a atividade que agrega valor, observa-se que não houve uma evolução significativa de melhorias com relação ao número de movimentações realizadas no galpão da associação, em que a quantidade de transporte chega a mais de 40% do total de atividades realizadas e a quantidade de Esperas ainda é elevada, representando aproximadamente 15%. Esta verificação é bastante representativa para a avaliação de processos, uma vez que as operações de movimentação podem ser minimizadas através de um estudo detalhado do arranjo físico das instalações e, assim representar melhorias no fluxo de atividades e aumentar a produtividade da ACIMAR.

Com o intuito de especificar um pouco mais o processo de seleção, foi realizada uma análise mais detalhada do fluxo de atividades referente à seleção de materiais plásticos (MP), por se tratar de um material com grande volume coletado pelos catadores e ser bastante representativo com relação a sua comercialização. Ainda, este tipo de material, assim como o papelão (PP), caracteriza-se por participar em todas as etapas do processo. Com o objetivo de comparar as instalações anteriores com a atual e de melhor visualizar a movimentação de pessoas e materiais dentro do galpão, as Figura 3 e 4 apresentam o mapofluxograma das instalações do galpão da Associação para o fluxo de atividades relacionadas com os Materiais Plásticos (MP), em 2010 e em 2013. Os números das atividades visualizados nos mapofluxogramas das Figuras 3

e 4 correspondem as atividades do fluxo do processo apresentado nas Figuras 1 e 2 respectivamente, para MP.

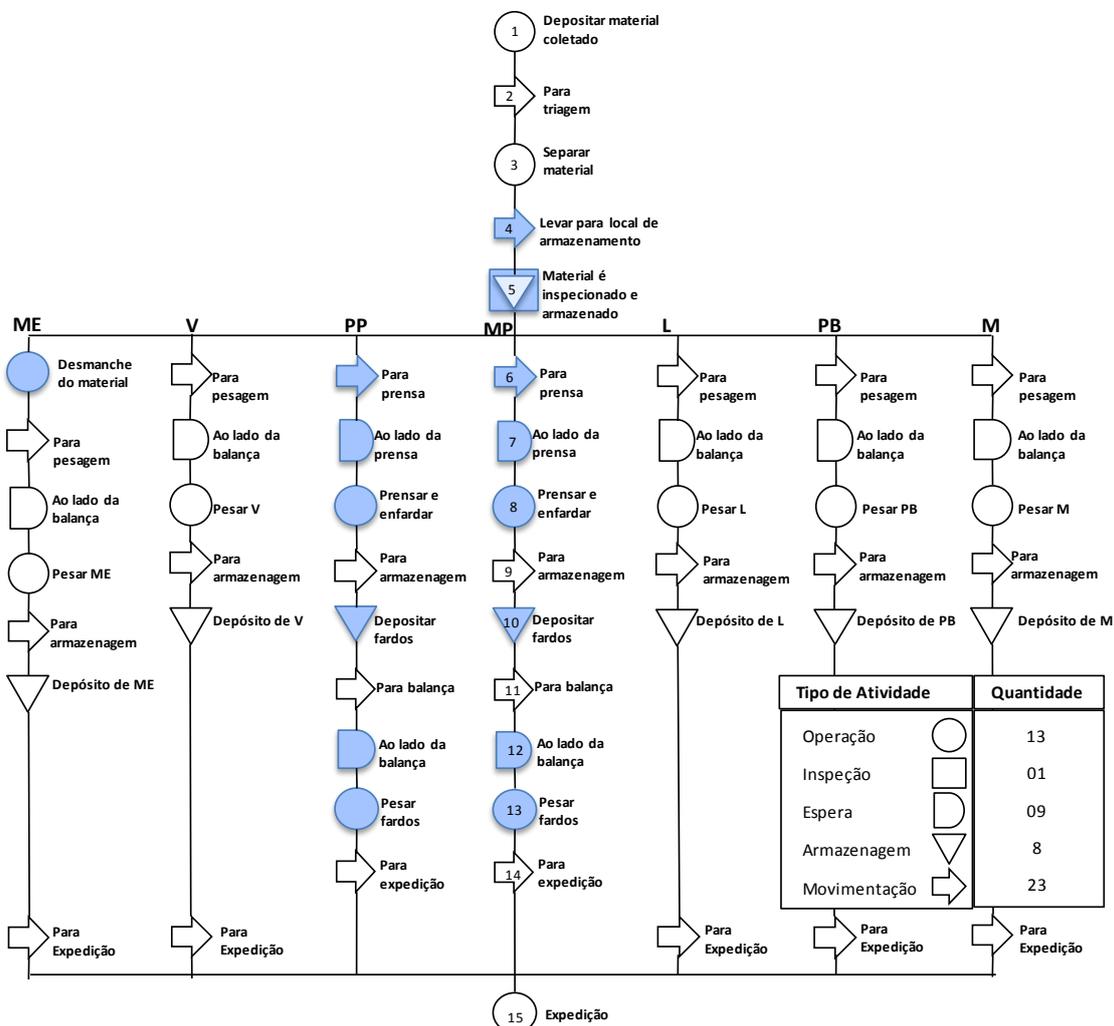


Figura 2 - Mapa do macroprocesso de seleção de RSU - Ano 2013

Os mapofluxogramas das Figuras 3 e 4 possibilitam a visualização da disposição espacial das movimentações que ocorrem dentro do galpão durante o processo de seleção dos materiais plásticos. Comparando a disposição física dos galpões das duas figuras, observa-se que ocorreram várias alterações nas instalações que ganharam novo endereço e disposição, bem como no fluxo do processo. Os locais são divididos em pequenas baias, como são chamados popularmente os espaços reservados para a armazenagem do material separado. As linhas cheias representam espaços delimitados por estruturas físicas como paredes ou madeiras no caso das baias, já as linhas tracejadas representam locais onde materiais são depositados sem qualquer especificação ou demarcação destas áreas.

Analisando os dois arranjos físicos, nota-se houve uma melhoria com relação ao fluxo cruzado de atividades. Há uma grande movimentação dentro dos galpões, principalmente na região central. Em 2010 a armazenagem dos materiais enfardados ficava no lado oposto do local onde era feita a expedição, indicando a necessidade de se percorrer toda a extensão do galpão (29 metros) para realizar a última operação (atividade 16). Da mesma forma, a prensagem (atividade 11) deveria estar localizada junto à armazenagem do material enfardado (atividade 14), pois são atividades sucessivas e assim se evitaria ter que percorrer aproximadamente 13,85 metros na extensão do galpão com o material prensado. Não era a disposição mais satisfatória, pois gasta

muito tempo e esforço por parte dos trabalhadores. Por outro lado, os bags eram despejados logo na entrada do galpão (atividade 1), no mesmo espaço em que era feita a expedição (atividade 16). Mais uma vez tinha-se o cruzamento de fluxo de atividades tornando a execução das etapas do processo bastante exaustiva.

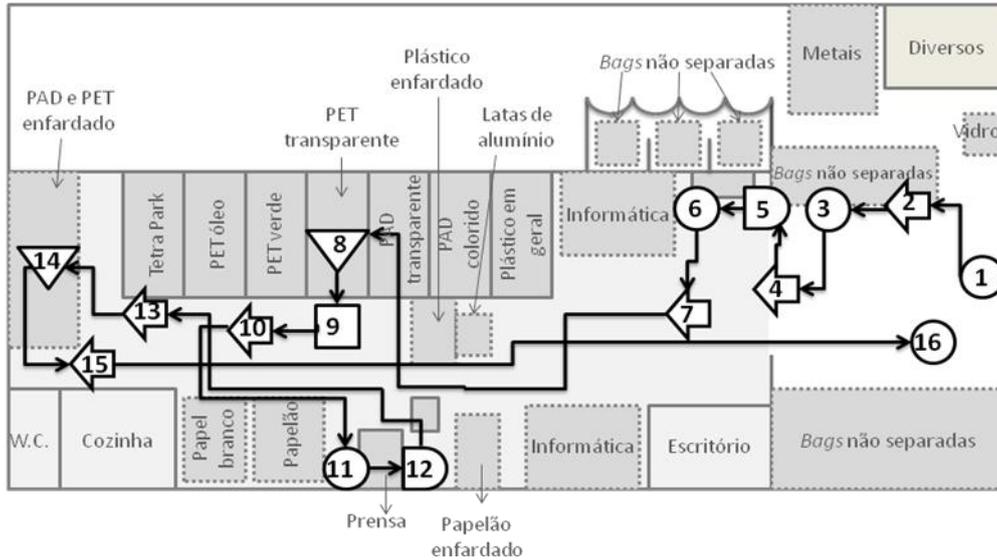


Figura 3 – Mapofluxograma do processo de seleção de Materiais Plásticos (MP) em 2010 e 2011.

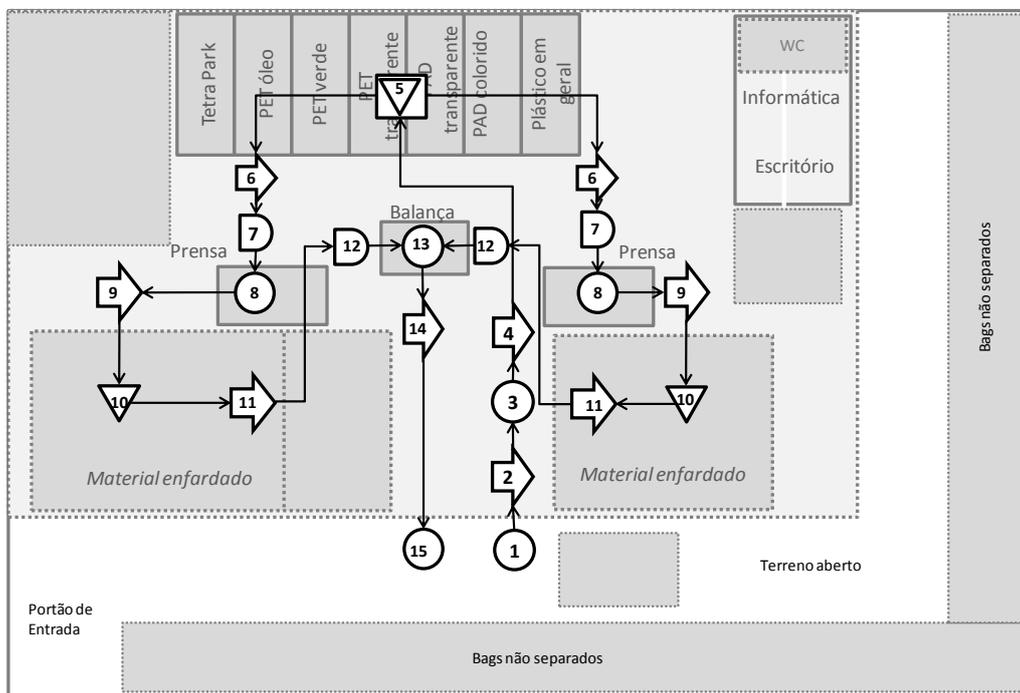


Figura 4 - Mapofluxograma do processo de seleção de Materiais Plásticos (MP) em 2012 e 2013.

Atualmente, com o uso de duas prensas (atividade 8) o cruzamento do fluxo diminuiu, mas ainda está longe de ser o ideal. O sequenciamento das atividades evita os desperdícios com tempo de transporte de materiais. Pode-se perceber visualmente que as atividades estão próximas umas das outras e os fluxos de movimentação não estão se cruzando excessivamente. Pela análise dos mapas o layout atual é o mais adequado, devido a eliminação de movimentações e tempos de

esperas desnecessários, assim como melhor organização dos fluxos, na disposição das máquinas e dos locais de armazenamento. Apesar desta análise, ainda se faz necessário o aprofundamento do levantamento de dados, com medições de tempos das atividades, distâncias percorridas e tempo de ciclo a fim de se propor de forma mais confiável, melhorias no processo para aumento de produtividade.

4.2. Elaboração do IDEF-SIM para Simulação

Finalmente, com o intuito de desenvolver um modelo conceitual para um projeto de simulação, desenvolveu-se o mapeamento utilizando-se a Técnica IDEF-SIM. Na etapa da modelagem conceitual, o modelo abstrato que está na mente do analista deve ser representado de acordo com alguma técnica de representação, a fim de torná-lo mais fiel a realidade, de modo que outras pessoas possam entendê-lo (PINHO *et al.*, 2009). O IDEF-SIM proporciona suporte à simulação computacional e por isso tem como foco o projeto de simulação, mas que também pode ser utilizado para projetos de melhorias em geral. A Figura 5 apresenta os elementos e a simbologia utilizada.

A estrutura do IDEF-SIM integra as categorias básicas dos modelos simbólicos e de simulação, citados por Chwif e Medina (2006). Neste aspecto, o modelo de simulação, através de uma tecnologia computacional, interpreta e reproduz a dinâmica do sistema a partir dos modelos simbólicos ou icônicos. Em outras palavras, agem de forma sinérgica na representação do sistema abordado. Dentre os seus benefícios, destaca-se a simplificação do modelo, onde a descrição documental pode ser desenvolvida sem ambigüidades. (NUNES e RANGEL, 2009)

O modelo conceitual desenvolvido em IDEF-SIM, apresentado na Figura 6, diferentemente do mapofluxograma, foi elaborado para todos os fluxos e tipos de material. Analisando o processo através do seu modelo conceitual pode-se perceber que a produtividade, mesmo com duas prensas é limitada pela etapa de prensagem e enfardamento do material, uma vez que as entidades anteriores já separadas pela junção “OU” em caminhos diferentes, precisam novamente retomar um caminho único para passar por estes recursos, formando filas e consequentemente desperdício de tempo, provocando, portanto, queda na produtividade.

Elemento	Símbolo	Descrição
Entidade		itens a serem processados pelo sistema
Funções		representam os locais onde a entidade sofrerá alguma ação
Fluxo da entidade		caracterizando os momentos de entrada e saída da entidade nas funções
Recursos		representam elementos utilizados para movimentar as entidades e executar funções
Controles		regras utilizadas nas funções
Regras para fluxos paralelos e/ou alternativos	 Regra E	após esta função os caminhos podem ser executados juntos
	 Regra OU	após esta função os caminhos são alternativos
	 Regra E/OU	permitindo ambas as regras
Movimentação		representa um deslocamento de entidade
Informação explicativa		inserir uma explicação no modelo
Fluxo de entrada no sistema modelado		define a entrada ou criação das entidades dentro do modelo
Ponto final do sistema		defini o final de um caminho dentro do fluxo modelado
Conexão com outra figura		utilizado para dividir o modelo em figuras diferentes

Figura 5 - Simbologia utilizada na técnica proposta IDEF-SIM. Adaptado de: Leal *et al.* (2009)

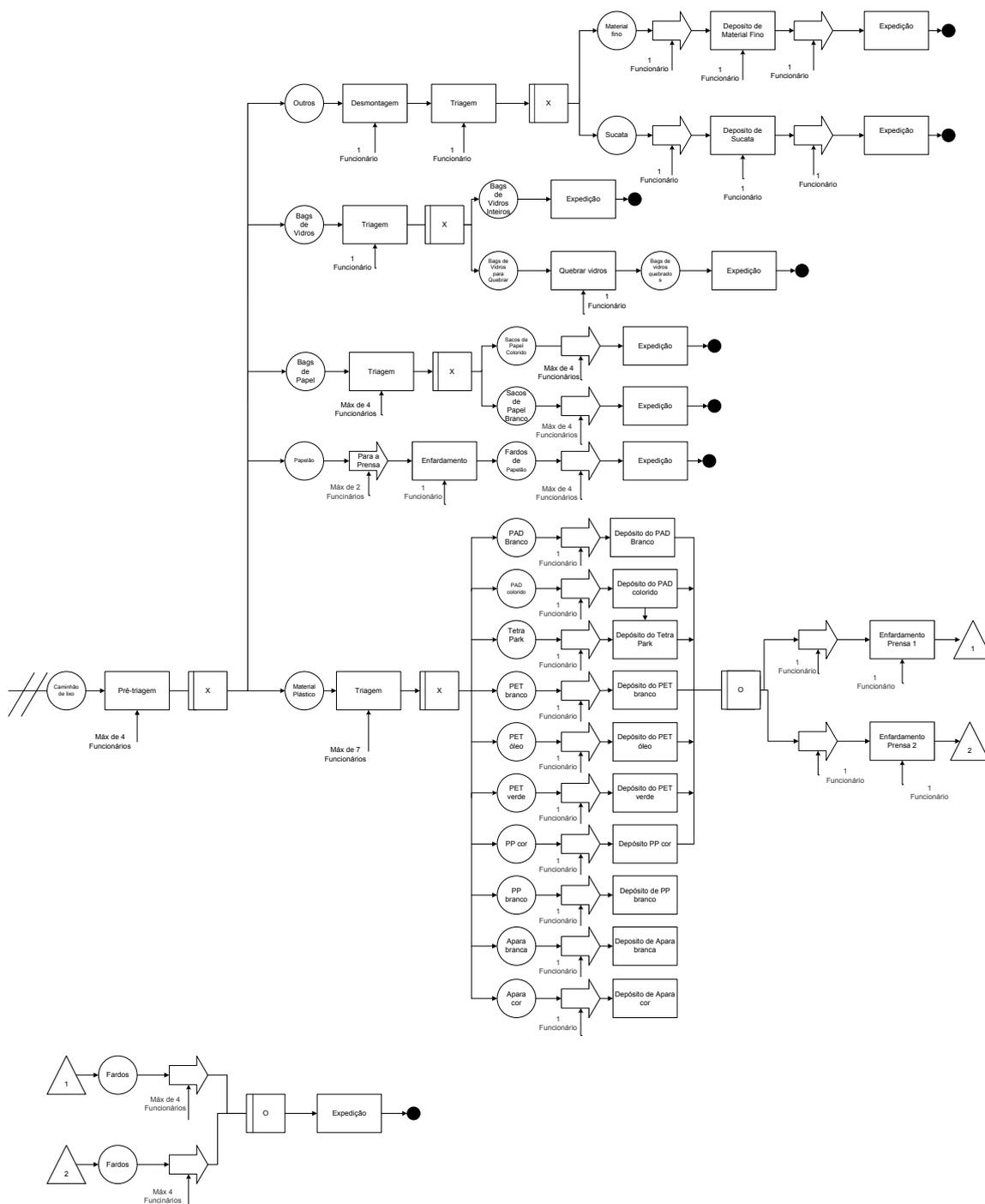


Figura 5: Modelagem conceitual para simulação em IDEF-SIM

É importante comentar que para uma análise mais aprofundada do processo, se faz necessário avaliar estatisticamente os dados coletados, verificando a existência ou não de *outliers* e o tipo de distribuição de probabilidade na qual os dados se encaixam seguida da etapa de modelagem computacional e geração de cenários. Os dados de entrada podem ser coletados com base em cronometragem e entrevistas com os atores do processo.

5. Considerações Finais

Este trabalho teve como objetivo maior analisar alterações realizadas em um processo de beneficiamento e seleção de materiais recicláveis em uma associação de catadores em Itajubá-

MG. A ACIMAR passou por algumas mudanças em seu processo nos últimos anos, tanto de instalações físicas quanto no modo como as atividades são realizadas e processadas.

O mapeamento de processos como ferramenta gerencial possibilitou a visualização e a caracterização dos processos de seleção dos resíduos que ocorrem no galpão da ACIMAR sob diferentes óticas com o auxílio de diversas técnicas. Primeiramente, o mapa do processo foi utilizado com o intuito de visualizar e caracterizar as atividades desempenhadas, bem como todos os envolvidos. Em seguida a elaboração do mapofluxograma possibilitou a verificação das instalações e do fluxo de movimentação dentro do galpão. Por fim, com o intuito de desenvolver um modelo conceitual voltado para o uso em simulação utilizou-se a técnica IDEF-SIM.

Assim, o trabalho atingiu o seu objetivo de comparar e analisar as alterações realizadas entre 2010 e 2013 na ACIMAR. Não houve uma evolução significativa de melhorias com relação ao número de movimentações realizadas no galpão da associação, em que a quantidade de transporte chega a mais de 40% do total de atividades realizadas e a quantidade de Esperas ainda é elevada, representando aproximadamente 15%. Esta verificação é bastante representativa para a avaliação de processos, uma vez que as operações de movimentação podem ser minimizadas através de um estudo detalhado do arranjo físico das instalações e, assim representar melhorias no fluxo de atividades e aumentar a produtividade da ACIMAR. Apesar da aquisição de mais uma prensa, ainda observa-se a necessidade de melhorias de arranjos físicos e compra de equipamentos, como a balança. Estas questões podem ser gargalos produtivos que precisam passar por análises cuidadosas por meio de outras métricas. Por outro lado, a triagem também é uma etapa importante do processo, pois é uma das que mais agrega valor ao produto. O trabalho é todo manual e várias são as pessoas envolvidas, em que na maioria das vezes possuem ritmos diferentes de trabalho, gerando outro gargalo de produtividade para a associação.

Além de propor melhorias, também era escopo deste trabalho apresentar a aplicação de técnicas de mapeamento e simulação aplicadas ao problema do beneficiamento de Resíduos Sólidos Urbanos. Sabe-se das dificuldades encontradas nas associações de catadores, principalmente quando relacionadas com a gestão e administração dos processos envolvidos. O IDEF-SIM elaborado irá auxiliar na elaboração de uma modelagem computacional e análises de cenários futuros, analisando por meio de variáveis de entrada e saída, os elementos de controle nas atividades e as inter-relações entre os processos. Portanto, a pesquisa mostra que é possível a intervenção para melhorias no processo de beneficiamento de materiais recicláveis sem prejudicar o funcionamento das atividades.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) e a FAPEMIG (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais), pelo apoio financeiro concedido a diversos projetos que subsidiaram o desenvolvimento deste trabalho.

Referências

- Banks, J.; Carson li, J.S.; Nelson, B.L.; Nicol, D.M.** (2005) *Discrete event system simulation*. 4ed. Prentice Hall. 624p.
- Brooks, R.J., Robinson, S.** (2001). Simulation with inventory control. *Operational Research Series*, Basingstoke, Palgrave.
- Carmo, M.S.** (2005). A semântica “negativa” do lixo como fator “positivo” à sobrevivência da Catação – Estudo de caso sobre a associação dos recicladores do Rio de Janeiro . *ENANPAD - Encontro Nacional da Associação Nacional de Pós-graduação em Pesquisa em Administração.*, Brasília – DF
- Chwif, L. & Medina, A.C.** *Modelagem e Simulação de Eventos Discretos: Teoria e Aplicações*, 2ª Ed. Bravarte, 2007, p. 12.
- Leal, A.C.; Júnior, A.T.; Alves, N.; Gonçalves, M.A. & Dibiezo, E.P.** (2002). A reinserção do lixo na sociedade do capital: uma contribuição ao entendimento do trabalho na catação e na reciclagem. *Revista Terra Livre*, São Paulo, 18(19), 177-190, jul/dez.

- Lobato, K.C.D.; Lima, J.P.** (2010) Caracterização e avaliação de processos de seleção de resíduos sólidos urbanos por meio da técnica de mapeamento. *Revista Engenharia Sanitária e Ambiental*, v.15, n.4, p.347-356, 2010.
- MNCR.** Coordenação do Movimento Nacional dos catadores de materiais recicláveis. Disponível em: <http://www.movimentodoscatadores.org.br> Acesso em 28 Abril de 2013.
- Nunes, A. F.; Rangel, J. J. A.** *Uma proposta de documentação para modelos conceituais de simulação em IDEF-SIM*. XXIX ENEGEP - Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Salvador – BA, 2009.
- Oliveira, R.L.; Lima, J.P.; Lima, R.S.** (2009) Logística Reversa: O caso de uma associação de coleta seletiva de materiais recicláveis em Itajubá – MG. In: *Anais do XXIX Encontro Nacional de Engenharia de Produção*, Salvador, BA.
- Parreira, G. F.; Oliveira, F. G.; Lima; F. P. A.** *O gargalo da reciclagem: determinantes sistêmicos da triagem de materiais recicláveis*. XXIX Encontro Nacional de Engenharia de Produção – XXIX ENEGEP, Salvador – BA, 2009.
- Pinho, A.F.; Leal, F.; Montevechi, J.A.B.; Costa, R.F.S.** (2009) Utilização de Lego® para o ensino dos conceitos sobre simulação computacional a eventos discretos. In: *Anais do XXIX Encontro Nacional de Engenharia de Produção*, Salvador, BA.
- Rodrigues, F. L.; Cavinatto, V. M.** (1997) *Lixo: de onde vem? Para onde vai?* São Paulo: Moderna, 1997. 79 p.
- Simonetto, E.O.; Borenstein, D.** (2006) Gestão operacional da coleta seletiva de resíduos sólidos urbanos – abordagem utilizando um sistema de apoio à decisão. *Revista Gestão & Produção*, v.13, n.3, p.449-461.
- Wang, W., Brooks, R.J.** (2007). Empirical investigations of conceptual modeling and the modeling process, in: *Proceedings of 2007 Winter Simulation Conference*, ed. J. D. Tew, S. Manivannan, Sadowski, and A. F. Seila, 762 - 770. Washington, DC, USA.