



ANÁLISE DA SIMILARIDADE ENTRE OS FORNECEDORES DE REJEITOS DE PAPEL E PAPELÃO, DURANTE A TRIAGEM NUMA EMPRESA DE RECICLAGEM

L. A. VIEIRA¹, V. C. ROSA², A. D. LIMA³, L. C. ASSIS⁴

^{1,2,3,4} Universidade de Uberaba, Departamento de Engenharia Química

RESUMO – *A atividade de reciclagem é uma prática importante e necessária na vida moderna dos povos em toda parte do planeta. Em agosto de 2010 a lei nº 12.305 instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) definindo as diretrizes relativas à gestão integrada e ao gerenciamento de resíduos sólidos. Recolher papéis e plásticos nas empresas e recebê-los das mãos dos chamados catadores pela indústria de reciclagem, contribui não só para conservação das cidades tornando-as mais limpas bem como livra o meio ambiente de poluidores e movimenta a economia, gastando menos energia, gerando renda e diminuindo o consumo de recursos naturais como água e madeira. Em estudo elaborado pela Associação Empresarial para Reciclagem (CEMPRE), a quantidade de lixo gerada no Brasil em 2012 foi de 198,8 mil toneladas/dia; a fração seca reciclável corresponde a 31,9% dos resíduos urbanos, distribuídos em 2,4% vidro, 13,5% plástico, 13,1% papel e plástico, 2,9% metais. O plano de metas para incremento da recuperação dos recicláveis no Brasil divulgado no edital 02/2012 do Ministério do Meio Ambiente prevê aumento da reciclagem de embalagens na ordem de 6% a cada quatro anos, considerando 28% em 2019, atingindo 45% em 2031. O presente trabalho tem por objetivo demonstrar através das ferramentas estatísticas a variação das perdas nos diferentes perfis de fornecedores de recicláveis. Nem todo material encontrado ou já separado nas lixeiras destinadas a papéis e plásticos são reaproveitáveis pela indústria de reciclagem, isso ocorre também com os materiais vindos das empresas através das coletas seletivas. De posse das proporções de perdas realizou-se análise de multivariada pelo método de agrupamento hierárquico aglomerativo. Identificou-se pelo menos um grande grupo que congrega a maior parte dos agentes e alguns outros que se comportam de maneira distinta. A identificação de grupos permite à empresa receptora dos rejeitos avaliar o comportamento dos agentes de modo a otimizar a gestão operacional e financeira do negócio.*

1. INTRODUÇÃO

No inciso V do artigo 3º do PNRS é definido que na coleta seletiva, os resíduos sólidos devem ser previamente segregados conforme sua constituição ou composição, no inciso XI do mesmo artigo a gestão integrada de resíduos sólidos é compreendida como o conjunto de ações voltadas para a busca de soluções para os resíduos sólidos, de forma a considerar as dimensões política, econômica,



ambiental, cultural e social, com controle social e sob a premissa do desenvolvimento sustentável.

Existe nas unidades coletoras um processo chamado triagem que verifica o peso do material no momento de sua chegada e uma segunda pesagem após a seleção dos itens que deverão fazer parte do processo de reaproveitamento. A quantidade de material perdida tem influência de vários fatores que contemplam os processos envolvidos na cadeia do ciclo de vida do produto que passam pela separação, descarte, transporte, triagem, classificação e destinação. Na cidade de Curitiba (PR) foi elaborada uma relação com 20 sugestões para diminuir o índice de rejeito e aumentar a porcentagem de material reciclável separado, a diretora do Departamento de Limpeza Pública da cidade, Gisele Ribas, explica que guardanapos e papéis sujos e objetos como cabos de panela, tomadas, cliques e grampos não devem fazer parte do material destinado a reciclagem.

Conforme aponta Fontes, Salomão e Souza (2014), o tipo e o estado em que o material chega à indústria influencia na rejeição do material: produtos com restos químicos misturados aos materiais recicláveis, lixo hospitalar e orgânico, animais, objetos de perfuro e fezes; materiais contaminados, molhados, sujos e mau cheirosos. Campos (2013) em sua análise da qualidade dos materiais recicláveis identificados no processo de triagem, identifica haver uma combinação entre fonte geradora e coleta:

Se o material triado pela AC (associação de catadores) é proveniente de (1) domicílios ou lojas e coletado na rua (separado pelo catador do resíduo comum), (2) da coleta seletiva (realizada pelo poder público ou pela AC, pré-triado na fonte) ou (3) de doações de empresas (material com menor variedade e com maior volume de um mesmo tipo) os resultados serão diferenciados para os índices de rejeito e de qualidade do produto final.

Ao apontar os fatores que geram ineficiência numa triagem, Parreira (2010) descreve os externos, os internos e os organizacionais. Como fatores externos têm-se o mix do material, a quantidade de rejeito, o tipo e o tempo de transporte. Já os internos referem-se à forma de armazenamento do material que será procedida a triagem, à manipulação e ao espaço destinado a essa operação e no que tange aos organizacionais, considera-se o ritmo de trabalho e a forma de remuneração.

No presente trabalho, por meio da medição da quantidade de resíduos recebidos por uma empresa de reciclagem no período de janeiro a abril de 2019 e do levantamento da quantidade de perda de material por fornecedor, analisou-se a partir do método de análise de agrupamento (cluster) o perfil desses fornecedores.

Análise de agrupamento, ou clustering, é o nome dado para o grupo de técnicas computacionais cujo propósito consiste em separar objetos em grupos baseando-se nas características que estes objetos possuem. A ideia básica consiste em colocar em um mesmo grupo objetos que sejam similares de acordo com algum critério pré-determinado. O K-Means é uma heurística de agrupamento não hierárquico que busca minimizar a distância dos elementos a um conjunto de k centros dado por $\chi = \{x_1, x_2, \dots, x_k\}$ de forma iterativa. A distância entre um ponto p_i e um conjunto de clusters, dada por $d(p_i, \chi)$, é definida como sendo a distância do ponto ao centro mais próximo dele (LINDEN, 2009).



2. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

O cluster hierárquico aglomerativo produz uma classificação hierárquica dos dados. A classificação consiste em uma série de partições de um único grupo contendo todos os indivíduos até n grupos cada um contendo um único grupo individual. Esta técnica produz partições por uma série de uniões sucessivas de n grupos individuais. (ASSIS, 2019).

O primeiro passo é calcular uma matriz de distância ou matriz de similaridade entre indivíduos. A mais comum é a distância euclidiana dada pela equação (1):

$$d_{ij} = \sqrt{\sum_{k=1}^q (x_{ik} - x_{jk})^2} \quad (1)$$

Onde, i = objeto, j = objeto e k = número de clusters. Os tipos mais comuns de equações para atualizar a distância são dados na tabela 1.

Tabela 1: Equações para atualizar a distância

Name	Distance update formula for d (I U J, K)	Cluster dissimilarity between clusters A and B
Single	$\min (d(I, K), d(J,K))$	$\min_{\alpha \in A, b \in B} d [a,b]$
Complete	$\max (d(I, K), d(J,K))$	$\max_{\alpha \in A, b \in B} d [a,b]$
Average	$\frac{n_I d(I, K) + n_J d(J, K)}{n_I + n_J}$	$\sum_{\alpha \in A} \sum_{b \in B} \frac{1}{ A B } d[a, b]$
Weighted / McQuitty	$\frac{d(I, K) + d(J, K)}{2}$	
BWard	$\sqrt{\frac{(n_I + n_K)d(I, K)^2 + (n_J + n_K)d(J, K)^2 - n_K d(I, J)^2}{n_I + n_J + n_K}}$	$\sqrt{\frac{2 A B }{ A + B }} \cdot \ \vec{c}_A - \vec{c}_B\ _2$
Centroid	$\sqrt{\frac{n_I d(I, K)^2 + n_J d(J, K)^2 - \frac{n_I n_J d(I, J)^2}{(n_I + n_J)^2}}{n_I + n_J}}$	$\ \vec{c}_A - \vec{c}_B\ _2$
Median	$\frac{d(I, K)^2}{2} + \frac{d(J, K)^2}{2} - \frac{d(I, J)^2}{4}$	$\ \vec{w}_A - \vec{w}_B\ _2$

Fonte: Assis (2019)



- Single: Medida de similaridade entre dois clusters é definida pela menor distância de qualquer ponto do 1º cluster para qualquer ponto do 2º cluster.
- Complete: Medida de similaridade entre dois clusters é definida pela maior distância de qualquer ponto do 1º cluster para qualquer ponto do 2º cluster.
- Average: Medida de similaridade entre dois clusters é definida pela média das distâncias de todos os pontos do 1º cluster em relação aos pontos do 2º cluster.
- Weighted / McQuitty: Medida de similaridade entre dois clusters é definida pela distância média dentro dos clusters.
- Ward: Também denominado método da mínima variância. Medida de distância entre dois clusters é a soma das distâncias ao quadrado entre os dois clusters.
- Centroid: Medida de similaridade entre dois clusters é definida pela maior distância entre os pontos médios do 1º e 2º clusters.
- Median: Medida de similaridade entre dois clusters é definida pela mediana entre os clusters.

Com o propósito de identificar as perdas provenientes do processo da retirada de rejeições no momento da separação do material na segunda pesagem, foram analisadas as entradas de compras de uma empresa de reciclagem no período de 04/01/2019 a 01/04/2019. Foram analisados 14 fornecedores diferentes do município de Uberaba-MG, classificados conforme seu ramo de atuação e verificados os seguintes itens:

- Quantidade de material entregue.
- Quantidade de perda do material entregue.
- Número de entregas realizadas (Entradas).
- Proporção de perda.

A tabela 2 a seguir apresenta as quantidades dos itens mencionados anteriormente, inerentes a cada fornecedor. A quantidade total de material recebido no período analisado correspondeu a 625.414 quilos, deste total, 67.592 quilos foram rejeitados. A quantidade de entrega de material realizada por cada fornecedor foi semelhante em alguns ramos de atuação e discrepante em outros, sendo verificados oito ramos de atuação diferentes.



Tabela 2: Levantamento do material recebido e das respectivas perdas por grupo de fornecedores

Fornecedor	Entradas (KG)	Perdas (KG)	Nº Entradas	Proporção
1 CATADOR	403.866	38.213	66	579
2 INDÚSTRIA DE FERTILIZANTE	14.740	779	3	260
3 INDÚSTRIA DE FERTILIZANTE INDÚSTRIA DE PRODUTOS DE	11.950	1.958	6	326
4 IRRIGAÇÃO	28.950	2.322	6	387
5 INDÚSTRIA DE TUBO PVC	7.750	310	1	310
6 INDÚSTRIA QUÍMICA	890	70	2	35
7 INDUSTRIA QUÍMICA	12.070	3.240	6	540
8 SHOPPING CENTER	7.000	1.440	4	360
9 SHOPPING CENTER	1.410	328	3	109
10 SHOPPING CENTER	2.670	239	5	48
11 SHOPPING CENTER	3.950	2.214	4	554
12 SHOPPING CENTER	41.570	5.562	37	150
13 SUPERMERCADO	84.238	10.838	113	96
14 USINA DE AÇÚCAR E ÁLCOOL	4.360	80	1	80
Total =	625.414	67.592	257	

Fonte: Dados do Autor (2019)

2.1 Verificação da dispersão da amostra

Conforme descreve Cruz (2017), o diagrama de dispersão foi descrito a primeira vez por Francis Galton. Sua teoria era a de que, a altura média dos pais de uma determinada altura tendia a se deslocar ou regredir até a uma altura média de toda a população. O diagrama permite verificar se existe relação de causa e efeito entre duas variáveis de naturezas quantitativa pelo nível de proximidade e dispersão dos dados.

Por meio dos dados levantados na Tabela 2, foi construído o Gráfico 1 para verificar a correlação entre a quantidade de material entregue e a quantidade de perda por fornecedor; analisando o gráfico é possível perceber que há uma relação diretamente proporcional entre o

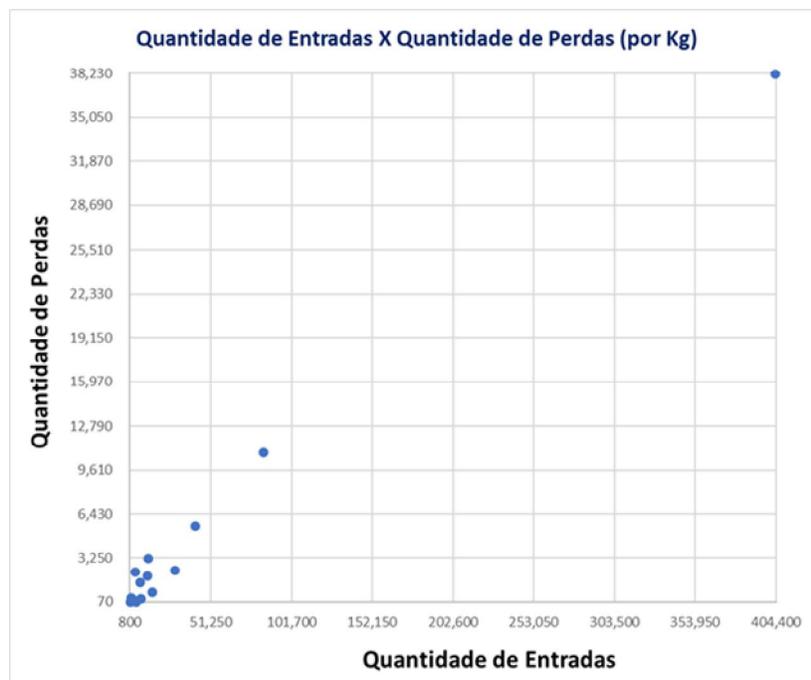


aumento de entradas (quantidade entregue) e o aumento de perdas, apresentando uma correlação positiva.

Os dados da amostra foram obtidos por meio do software de gestão utilizado pela empresa de reciclagem analisada. Acessando os relatórios do software foi possível verificar todas as compras de material realizadas pela empresa no período analisado bem como quais os itens compunham cada compra e a quantidade adquirida de cada item na compra. Da mesma maneira foi possível identificar quais materiais apresentaram perda e suas respectivas quantidades, pois, ao lançar no software a quantidade adquirida e posteriormente a quantidade após a segunda pesagem, é gerada a informação da perda no software de gestão.

A partir dos relatórios adquiridos foi feita a tabulação dos dados no Excel com o agrupamento dos fornecedores pelo critério do ramo de atuação possibilitando a análise das perdas em relação a entrada total de material.

Figura1: Gráfico de dispersão correlacionando Entrada X Perdas (por Kg)





2.2 Verificação do dendrograma

Aplicando o método de agrupamento cluster pelo critério de distância Average (indicado na tabela 1) e utilizando o comando “pvclust” disponível no software R, verificou-se a confiabilidade da amostra ao nível de 97,5%. O software R ou simplesmente “R”, é um ambiente computacional e uma linguagem de programação que foi desenvolvido pelos estatísticos Ross Ihaka e Robert Gentleman na década de 90. O “R” disponibiliza uma ampla variedade de técnicas estatísticas e gráficas que possibilita a realização de diversos testes estatísticos, análise de séries e agrupamentos como o que foi utilizado no presente trabalho (agrupamento por clusters). (GUERRA; MCDONNELL; OLIVEIRA, 2018).

O trecho de código da programação do software R responsável por processar a análise de agrupamento e apresentar seus resultados na forma de um dendrograma, segue descrito a seguir na figura 2:

Figura 2: Código utilizado no software R para construção do dendrograma

```
pvhc = pvclust (t (d), method.hclust=”average”,method.dist=euclidean”,nboot=1000,weight=F)  
plot(pvhc)  
pvrect(pvhc,alpha=0.975,border=”blue”,max.only=TRUE,TYPE=”gt”)
```

Fonte: Autor (2019)

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As compras realizadas pela indústria de reciclagem que foi o campo de estudo do presente trabalho, no período de 04/01/2019 à 01/04/2019, totalizaram 625.414 kg de material, distribuídos em 14 grupos de fornecedores num total de 257 entregas. Na amostra analisada, a quantidade de material rejeitado correspondente a perda, totalizou 67.592 kg sendo que todos os fornecedores entregaram material que teve quantidade rejeitada, retornando por sua vez, a proporção de perda inerente a cada fornecedor.

Analisando o gráfico de dispersão (Figura 1) para verificar a correlação entre a quantidade entregue e a quantidade de perda por fornecedor, foi possível verificar que três tipos de



Os grupos de fornecedores foram identificados no dendograma com a numeração iniciando em 1 até 14, conforme Tabela 2 apresentada anteriormente, identificando cada grupo de fornecedor de material.

Assim, os grupos de fornecedores COOPERATIVA (2), INDÚSTRIA ALIMENTÍCIA (6) e USINA DE AÇÚCAR E ÁLCOOL (14) não foram considerados significativos. Estes grupos em específico apresentaram comportamento discrepante aos demais, analisando-se todas as variáveis estudadas.

4. CONCLUSÃO

Este trabalho indica estatisticamente que os resíduos de papel e papelão destinados a reciclagem no que tange as perdas no momento da triagem, podem ser avaliados por haver semelhança entre seus fornecedores. No estudo realizado a partir de uma amostragem trimestral em uma empresa do setor de reciclagem, foram encontrados grupos de fornecedores que apresentaram perfis similares podendo ser agrupados dada a relação encontrada em suas perdas. O presente estudo permitirá as empresas de reciclagem a realização de um planejamento quanto a perda do material recolhido com base nos grupos de fornecedores, dado ao padrão existente dos materiais entregues.

5. REFERÊNCIAS

ASSIS, L. (2019). **PPGEQ - Mestrado Profissional - Disciplina: Estatística e Métodos Numéricos** [Apostila de sala de aula].

CAMPOS, L. S. **Processo de triagem dos materiais recicláveis e qualidade: Alinhando a estratégia de manufatura às exigências do Mercado**. 2013. Dissertação (Pós-Graduação em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Belo Horizonte, 2013.

CEMPRE – Compromisso Empresarial para Reciclagem, Review 2015. **Um panorama reciclagem no Brasil**. São Paulo, 2015. Disponível em: <<http://cempre.org.br/artigo-publicacao/artigos>> Acesso em: 06 de julho de 2019.



CRUZ, R. **O Método do Diagrama de Dispersão.** Disponível em: <<https://uvagpclass.wordpress.com/2017/12/04/o-metodo-do-diagrama-de-dispersao/>> Acesso em: 22 de maio de 2019.

FONTES, A. R.M.; SALOMÃO, S.; SOUZA, R. L. R. **A triagem de materiais recicláveis e as variabilidades inerentes ao processo: estudo de caso em uma cooperativa.** 2014. Artigo. Disponível em: <https://www.scielo.org/article/ssm/content/raw/?resource_ssm_path=/media/assets/csc/v19n10/1413-8123-csc-19-10-4185.pdf> Acesso em: 30 de junho de 2019.

GUERRA, S; MCDONNELL, R; OLIVEIRA, P. F. **Ciência de Dados com R Introdução.** Brasília: IBPAD, 2018.

MACQUEEN, J. **Some methods for classification and analysis of multivariate observations.** Disponível em: <https://projecteuclid.org/download/pdf_1/euclid.bsm/1200512992> Acesso em: 20 de maio de 2019.

PARREIRA, G. F. **Coleta seletiva solidária: agregando valor pela Integração da cadeia da reciclagem.** 2010. Dissertação (Pós-Graduação em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Belo Horizonte, 2010.

PNRS – Política Nacional de Resíduos Sólidos: **Lei Federal nº 12.305/2010, de 2 de agosto de 2010.** Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm> Acesso em: 08 de julho de 2019.

Prefeitura Municipal de Curitiba. **30% do material enviado para a coleta seletiva é rejeitado, 2013.** Disponível em: <<https://www.curitiba.pr.gov.br/noticias/30-do-material-enviado-para-a-coleta-seletiva-e-rejeitado/31104>> Acesso em: 05 de julho de 2019.