

# MODELO DE ESTRUTURAÇÃO DE PROBLEMAS NA GESTÃO DE RESÍDUOS: ESTUDO DE CASO EM UMA ESTRADA DE FERRO

**Antônio Carlos da Silva Viana**  
engenheiroviana@hotmail.com

**Caroline Mota**  
mota.cmm@gmail.com

**Danielle Freitas Santos**  
daniellefreitas.ep@gmail.com

**Simone Maria da Silva Lima**  
simonemslima@gmail.com



*O correto planejamento da destinação de resíduos urbanos e industriais é um dos grandes desafios atuais para as empresas e governos, devido à complexidade e diversidade de fatores associados a esse contexto. Nesse sentido, o presente estudo tem como objetivo apresentar um modelo de estruturação para o problema do resíduo de trilho ferroviário. Para tanto, estabeleceu-se um estudo de caso em uma das principais estradas de ferro do Brasil, em termos do volume transportado. Foi utilizada a metodologia Value Focused Thinking - VFT, de forma a especificar e avaliar eventuais alternativas para a correta destinação dos resíduos de trilhos, levando em consideração os múltiplos fatores que influenciam no contexto da tomada de decisão e suas implicações. Observou-se que a visão do decisor está voltada a determinar alternativas que permitam aumentar o índice de reaproveitamento dos resíduos de trilhos, buscando a redução ou até mesmo a eliminação do acúmulo do resíduo de trilho ao longo da ferrovia.*

*Palavras-chave: Estruturação de problemas complexos, Value Focused Thinking - VFT, Resíduos de trilho ferroviário*

## 1. Introdução

Cada vez mais as preocupações com as questões ambientais e a sustentabilidade estão na pauta das organizações. A adequação das práticas organizacionais as leis e normas ambientais, bem como a busca por imagem socialmente responsável faz com que as empresas procurem novas alternativas de gestão dos resíduos industriais como forma de mitigar o impacto de sua atuação no meio ambiente e na sociedade.

Dentro desse contexto enquadra-se a gestão de resíduos industriais oriundos de trilhos ferroviários. O trilho consiste no componente mais importante da superestrutura ferroviária. É tecnicamente considerado o principal elemento de suporte e guia dos veículos ferroviários, e economicamente detém o maior custo dentre os elementos estruturais de via (MACÊDO, 2009). Dessa forma, o aumento do uso de trilho ferroviário acaba ocasionando um problema de dimensão significativa: a formação de resíduo de trilho em larga escala.

A alta utilização das ferrovias para transporte de mercadorias e pessoas exige um aumento proporcional no número de intervenções preventivas de manutenção, e estas ações implicam na ampliação da geração de resíduos de trilhos ferroviários. Assim, é preciso investir em ações que minimizem o impacto dessas manutenções, de modo a reduzir a geração de trilho, e consequentemente os resultados negativos oriundos dessa problemática.

Uma alternativa viável na avaliação desse contexto consiste no uso de métodos de estruturação de problemas que configuram a fase inicial de qualquer problema de pesquisa operacional, pois é nessa fase onde são levantadas as características do ambiente de decisão e das variáveis de interesse, bem como as variáveis que, de alguma forma, podem interferir na situação (GREGORY *et al.*, 2012). Os métodos que são aplicados com o objetivo de estruturar problemas procuram viabilizar uma estrutura ideal, para que os grupos que, em uma futura instância, venham a tomar decisões, se deparem com um problema que já tenha sido estrategicamente mapeado (ZAWADZKI *et al.*, 2008).

A partir disso, o presente trabalho visa estruturar o problema da gestão de resíduos de trilhos ferroviários, com base na metodologia VFT - *Value Focused Thinking* (KEENEY, 1992), de forma a especificar e avaliar eventuais alternativas para a correta destinação dos resíduos de trilhos. Para tanto, estabeleceu-se um estudo de caso em uma das mais relevantes estradas de ferro do Brasil, que admite grande importância no transporte de minério de ferro e no desenvolvimento da região entre os estados do Pará e do Maranhão.

## 2. Revisão Teórica

### 2.1. Gerenciamento de resíduos

Um dos grandes desafios atuais para as empresas e governos consiste no correto planejamento da destinação de resíduos que são gerados, tanto no âmbito urbano como industrial. O crescimento da população, o desenvolvimento industrial e a urbanização acelerada, vêm contribuindo para o aumento do uso dos recursos naturais e para a geração dos resíduos. Na maioria das vezes, esses resíduos são devolvidos ao meio ambiente, de forma inadequada, levando à contaminação do solo e das águas, trazendo vários prejuízos ambientais, sociais e econômicos (MAZZER; CAVALCANTI, 2004).

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (BRASIL, 2012) define resíduos industriais como aqueles gerados nos processos produtivos e instalações industriais. Alberoni *et al.* (2002) afirmam que o gerenciamento de resíduos industriais é fator de vital importância para as empresas que desejam ser reconhecidas como destaque no quesito importância ambiental. Assim, cada vez mais a questão da gestão de resíduos industriais assume contornos estratégicos.

Nesse âmbito, tem-se a gestão de resíduos sólidos industriais que é definida como o uso de práticas administrativas de resíduos, com manejo seguro e efetivo, fluxo de resíduos sólidos urbanos, com o mínimo de impactos sobre a saúde pública e o ambiente (US EPA, 1989). O gerenciamento adequado dos resíduos sólidos industriais não depende apenas de tecnologia, recursos humanos ou financeiros, mas está relacionado também à conduta empresarial adotada e disseminada pelos dirigentes, sendo uma questão de gestão institucional, determinada pela combinação de dois fatores: atitude – valores – e comportamento – ações e omissões (PWC, 2006).

Segundo o Instituto de Pesquisas Econômicas Aplicadas (IPEA, 2012) são coletados 183,5 mil toneladas de resíduos sólidos por dia no Brasil. A matéria orgânica representa 51,4% do lixo diário, e apenas 31,9% é composto de material reciclável (alumínio, plásticos, papel, aço, metais e vidro).

Em relação ao contexto do resíduo de trilho ferroviário, um dos problemas principais corresponde as constantes intervenções de manutenção oriundas do alto volume de carga

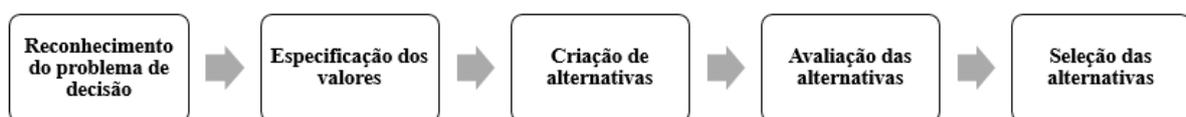
transportado. No processo de manutenção é realizada a troca de trilhos e substituição de peças metálicas, tais como parafusos, grampos de apoio, placas, entre outros materiais, o que viabiliza um aumento na capacidade de transporte e na segurança das operações. Contudo, grande parte dos resíduos de trilhos não é descartada da forma adequada, ocasionando em acúmulo excessivo de resíduo de trilho nas ferrovias, fato que prejudica o correto andamento das operações nesse segmento.

## 2.2. Value Focused Thinking – VFT

O contexto da estruturação de problemas complexos pode ser dividido em abordagens centradas nas alternativas (*Alternative Focused Thinking – AFT*) e abordagens centradas em valores (*Value Focused Thinking – VFT*). De acordo com Almeida *et al.* (2012), os métodos AFT enfatizam a escolha entre alternativas conhecidas ou atualmente disponíveis para o decisor; já os métodos VFT são diferenciados, pois admitem um pensamento focado no valor. Segundo Keeney (1992), o VFT consiste em um processo no qual se busca a identificação de valores que serão norteadores fundamentais na tomada de decisão. Dessa forma, objetiva-se, *a priori*, determinar o que o decisor deseja, para depois criar as alternativas que melhor atendam às suas expectativas (KEENEY, 1992; LÉON, 1999). É uma abordagem proativa, que fornece uma configuração estruturada sobre as decisões, com base nos valores.

O método VFT busca a identificação dos valores mais relevantes para os decisores, e posteriormente, a identificação de possíveis alternativas que satisfaçam esses valores, possibilitando, dessa forma, o surgimento de novas alternativas que anteriormente não seriam consideradas. Segundo Keeney (1992), a abordagem VFT pode ser viabilizada mediante as seguintes etapas, conforme figura 1.

Figura 1 – Etapas de aplicação do VFT



Fonte: Adaptado de Keeney, 1992.

Na literatura observa-se uma diversidade de trabalhos com foco na aplicação da metodologia VFT. Moraes *et al.* (2013) realizam uma análise ampla sobre a aplicação da metodologia VFT no Brasil por meio da avaliação de contextos distintos, como a gestão de recursos hídricos, o planejamento de sistemas de informações e a destinação de resíduos de gesso, de forma a viabilizar modelos de decisão qualitativos e quantitativos adequados para cada escopo.

Alencar *et al.* (2011) aplicaram o VFT na estruturação do problema de resíduo de gesso na construção civil. Almeida e Ranthum (2017) avaliam as implicações estratégicas do método VFT na determinação do preço de venda de produtos farmacêuticos.

Há ainda trabalhos envolvendo o uso do VFT na gestão de operações de abastecimento de água (MONTE; MORAIS, 2017); no contexto da eficiência energética visando o uso posterior de uma abordagem multicritério (NEVES *et al.*, 2009); no apoio a determinação um de método para o processo de maturidade na gestão de projetos (VIANA; MOTA, 2015); para a estruturação de um problema multicritério para a produção de jornais (PINHEIRO *et al.*, 2008). Assim, verifica-se que o escopo de aplicação da metodologia VFT é amplo e diversificado, possibilitando diferentes perspectivas de avaliação no processo de estruturação de problemas complexos.

### **3. Metodologia**

A pesquisa admite característica exploratória, pois objetiva uma compreensão significativa do objeto investigado. Além disso, foi realizada uma pesquisa bibliográfica visando um maior embasamento teórico-técnico ao trabalho, assim como a pesquisa de campo objetivando a aplicação da metodologia VFT no contexto apresentado. No que concerne ao tipo de abordagem, a pesquisa pode ainda ser classificada como qualitativa, porque se baseia em informações obtidas empiricamente, e quantitativa, pois visa à aplicação e estruturação de um modelo que apoie as decisões de gestão em relação aos resíduos de trilhos ferroviários.

Em relação aos procedimentos, estabeleceu-se um estudo de caso em uma estrada de ferro que liga os estados do Pará e do Maranhão. Os dados foram selecionados a partir da entrevista com um gestor da organização, responsável pela área de manutenção da ferrovia. A entrevista foi estruturada e adaptada segundo a proposição de Keeney (1992) para estruturação de problemas baseado no método VFT.

### **4. Estruturação do problema de gestão de resíduos de trilho ferroviário**

O presente estudo foi restrito a estrada de ferro cuja problemática da geração de resíduos de trilhos tem aumentado em escala vertical crescente, exigindo que a empresa responsável por sua operação e manutenção, busque alternativas que atendam as legislações ambientais e que não originem impactos significativos ao contexto financeiro da empresa.

O fator principal que contribui para o aumento na geração e acúmulo do resíduo de trilho consiste no aumento de carga transportada pela estrada de ferro, tanto através de trens maiores, como por meio da elevação da carga por eixo dos vagões. Assim, o volume de carga

transportado causa um impacto relevante na vida útil dos trilhos. Dessa forma, o papel do setor de manutenção admite extrema importância nesse contexto, fato que justifica a escolha do decisor, nesse caso, o supervisor de manutenção ferroviária da organização, que gerencia diretamente os resíduos de trilho da estrada de ferro.

Além disso, o excesso de resíduo de trilho causa a obstrução e danificação das drenagens ao longo da linha, oriunda do peso elevado depositado sobre o dispositivo, gerando erosões e carreamento de solos para corpos hídricos; potencializa o risco de ocorrência de acidentes ao longo das operações, e amplifica a poluição visual, fato que afeta diretamente a imagem da empresa no mercado.

Após o reconhecimento do problema, aplicou-se um questionário não-estruturado, com base em Keeney (1992), visando a determinação de valores e objetivos do decisor em relação ao problema, de forma a viabilizar a estruturação do problema de decisão. A pesquisa objetivou especificar um procedimento para a estruturação e formalização do problema de resíduo de trilho.

## 5. Resultados e Discussões

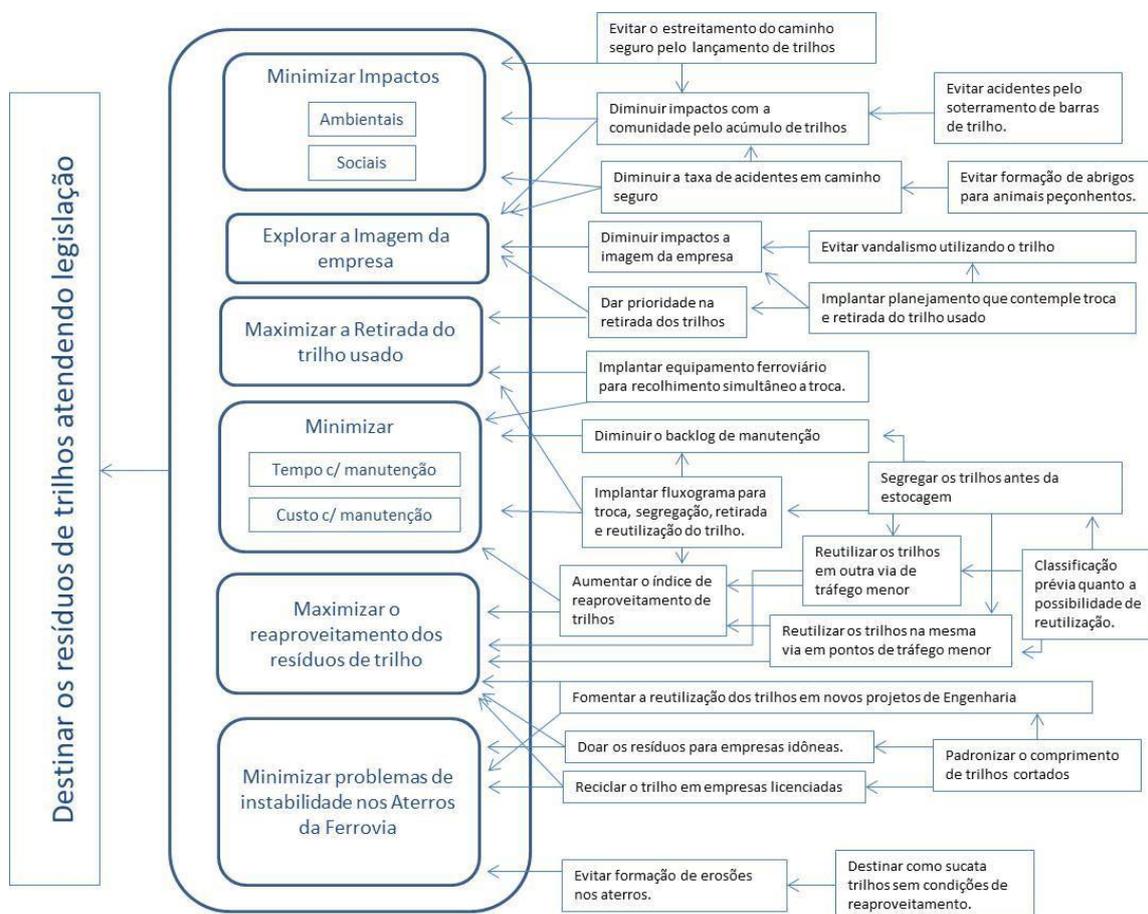
A partir da entrevista foram levantados com o decisor aspectos principais em relação ao problema de decisão. A partir da análise desses aspectos pôde-se estabelecer os objetivos fundamentais e objetivos meios para o decisor. Os seguintes objetivos fundamentais foram determinados:

- a) Minimizar impactos ambientais e sociais – traduz a preocupação da empresa como um todo em relação a sustentabilidade, a sociedade e o desempenho da empresa no mercado;
- b) Explorar a imagem da empresa – se refere a preocupação de que o acúmulo excessivo deste resíduo possa causar um impacto visual negativo para a empresa, bem como cria condições inseguras que permitem o aumento no número de acidentes, tanto com transeuntes da comunidade como funcionários em atividades operacionais;
- c) Maximizar a retirada do trilho usado – otimizar a gestão do resíduo de trilho, aumentando os esforços, tempo e recursos no processo de retirada do trilho usado, bem como viabilizar um descarte adequado do resíduo ao longo da linha;
- d) Minimizar tempo e custo com manutenção – evitar paradas não programadas, investir em alternativas com foco em intervenções preventivas e/ou preditivas, ampliação de reparos preventivos, etc.;

- e) Maximizar o reaproveitamento dos resíduos de trilho – aumentar o índice de reaproveitamento dos resíduos de trilho, buscando alternativas eficientes de reuso do resíduo;
- f) Minimizar problemas de instabilidade nos aterros da ferrovia – diminuir os eventuais danos causados pelo acúmulo de trilhos.

Entre os objetivos meio obtidos destacam-se: a necessidade de priorização na retirada do trilho; implantar um processo de planejamento que contemple troca e retirada do trilho; reutilizar os trilhos na mesma via ou em outra via, em pontos onde o tráfego é menor; implantar fluxograma para troca, segregação e retirada do trilho para reutilização na próxima etapa de manutenção; destinar como sucata trilhos sem condições de reaproveitamento e implantar equipamentos ferroviários que permitam o recolhimento simultâneo a troca do trilho, entre outros. A figura 2 apresenta a rede meio-fim que corresponde estruturação hierárquica do problema, agregando todos os objetivos fundamentais e meios evidenciados pelo decisor.

Figura 2 – Rede meio-fim do decisor



No que se refere a criação de alternativas, optou-se por identificar, *a priori*, as alternativas que atendem a um único objetivo de forma isolada. Dessa forma, foi possível verificar o seguinte conjunto de alternativas obtidas em relação ao destino adequado dos resíduos de trilho:

- Implantação de projetos de reciclagem do resíduo de trilho dentro das comunidades circunvizinhas e na própria organização;
- Elaboração de uma equipe de manutenção específica para o corte e segregação de trilhos usados;
- Efetivação do mapeamento da geração do resíduo em pontos da própria ferrovia onde o tráfego é menor;
- Fomentação no setor de engenharia da companhia, do emprego do resíduo de trilho como insumo em novos projetos de implantação (estruturas, fundações, muros, calçadas, etc.);
- Estabelecimento de contratos com siderúrgicas que admitem o resíduo de trilho como insumo (sucata) em seu processo fabril;
- Adoção de maquinário ferroviário para recolhimento do trilho simultâneo a troca.

Dessa forma, observa-se que as medidas especificadas pelo decisor admitem um foco no reaproveitamento dos resíduos de trilho como forma a reduzir o impacto desse tipo de rejeito no meio ambiente. Outro ponto de destaque consiste na visão do decisor sobre a necessidade de conscientização por parte do seu setor e da organização como um todo, da necessidade de estimular práticas operacionais sustentáveis, como a reciclagem e o reuso do resíduo de trilho.

## 6. Considerações finais

Com o aumento na geração de resíduos de trilhos, aumenta também a responsabilidade da empresa, face à observância e cumprimento as normas ambientais vigentes quanto à destinação correta de resíduos e ainda quanto ao compromisso da empresa com a sustentabilidade. Desta forma, com base na metodologia VFT - *Value Focused Thinking* (Pensamento Focado em Valores) buscou-se estruturar tal problema de decisão para encontrar melhores alternativas na destinação dos resíduos de trilhos ferroviários, levando em consideração os múltiplos fatores interferentes neste contexto e suas implicações.

Analisando os objetivos fundamentais elencados e a rede meio-fim gerada, percebemos a interação que existe entre os valores destacados pelo decisor e a forma como eles se

complementam. Com a estruturação do problema percebeu-se que a visão do decisor está voltada a buscar alternativas que permitam aumentar o índice de reaproveitamento dos resíduos de trilhos, o que diminuiria ou mesmo eliminaria o acúmulo deste resíduo.

## Referências

ALBERONI, V.G; NEVES, M; QUELHAS, O.L.G; BARROS, A.B. Gestão de Resíduos Industriais como Facilitador da Gestão do Conhecimento e da Otimização do Processo Produtivo. XXII ENEGEP, 2002.

ALENCAR, L. H.; MOTA, C. M. M.; ALENCAR, M. H. The problem of disposing of plaster waste from building sites: Problem structuring based on value focus thinking methodology. *Waste Management*, v. 31, p. 2512-2521, 2011.

ALMEIDA, A. T.; MORAIS, D. C.; COSTA, A. P. C. S.; ALENCAR, L. H.; DAHER, S. F. D. Decisão em grupo e negociação: métodos e aplicações. São Paulo: Atlas, 2012.

ALMEIDA, S; RANTHUM, G. Strategic implications of the establishment of the selling price: a case study using the approach Value-Focused Thinking. *Revista Spacios*. Vol. 38; n. 19; p. 17; 2017.

BRASIL. Lei n. 12.305, de 2 de agosto de 2010: Política nacional de resíduos sólidos. – 2. ed. – Brasília: Câmara dos Deputados, Edições Câmara, 2012.

GREGORY, R., FAILING, L., HARSTONE, M., LONG, G., MCDANIELS, T., OHLSON, D. Structured decision making: a practical guide to environmental management choices. Wiley-Blackwell, New York. 2012.

IPEA. Instituto de pesquisa econômica aplicada. Comunicado nº 145 que trata do Plano Nacional de Resíduos Sólidos, Abril, 2012.

KEENEY, R.L. Value-Focused Thinking: A Path to Creative Decision-Making. Harvard, London, 1992.

LEÓN, O. G. Value-focused thinking versus alternative-focused thinking: Effects on generation of objectives. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 80(3):213-227; 1999.

MACÊDO, F. B. Estudo do desgaste de trilhos ferroviários. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Produção) -Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2009.

MAZZER, C.; CAVALCANTI, O. A. Introdução à gestão ambiental de resíduos. *Infarma*, v.16, nº 11-12, 2004.

MONTE, M. B. S.; MORAIS, D. C. Aplicação do VFT para a gestão de operações do abastecimento de água na região de preservação histórica de Olinda-PE. XLIX Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional. Blumenau-SC, 2017.

MORAIS, D. C., ALENCAR, L. H., COSTA, A. P., & KEENEY, R. L. Using value-focused thinking in Brazil. *Pesquisa Operacional*, 33(1):73-88; 2013.

NEVES, L.P; DIAS, L.C; ANTUNES, C.H; MARTINS, A.G. *Structuring an MCDA Model Using SSM: A case Study in Energy Efficiency*. *European Journal of Operational Research*, v. 199, 2009.

PINHEIRO, P. R; SOUZA, G.G.C; CASTRO, A.K.A. *Estruturação do Problema Multicritério para Produção de Jornal*. *Revista Pesqui. Oper.* vol.28, no.2, Rio de janeiro, Agosto, 2008.

PWC – PRICE WATER HOUSE COOPERS. Estudo sobre o setor de tratamento de resíduos industriais. [s.l.]: PwC, 2006.

US EPA – UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. The solid waste dilemma: an agenda for action. U.S. Government Print Office. Washington, 1989.

VIANA, J.C; MOTA, C.M.M. *Enhancing Organizational Project Management Maturity: A Framework Based on the Value Focused Thinking Model*. Prod. vol.26, no.2, São Paulo, November, 2015.

ZAWADZKI, M., GELADO, W.; BELDERRAIN M.C.N. Aplicação de Mapas Cognitivos para a descrição do problema de produção bibliográfica em um programa de pós-graduação. ENCITA, 2008.