

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO
EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

ELABORAÇÃO DE UM ÍNDICE PARA AVALIAÇÃO DA
LOGÍSTICA REVERSA E GESTÃO DE RESÍDUOS DE
CONSTRUÇÃO CIVIL EM MUNICÍPIOS DE PEQUENO E
MÉDIO PORTE.

FLÁVIA TUANE FERREIRA MORAES

ITAJUBÁ, 2018

FLÁVIA TUANE FERREIRA MORAES

**ELABORAÇÃO DE UM ÍNDICE PARA AVALIAÇÃO DA
LOGÍSTICA REVERSA E GESTÃO DE RESÍDUOS DE
CONSTRUÇÃO CIVIL EM MUNICÍPIOS DE PEQUENO E
MÉDIO PORTE.**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção.

Área de Concentração: Sistema de Produção e Logística

Orientador: Prof. Dr. Renato da Silva Lima

Coorientadora: Prof^ª. Dr^ª. Josiane Palma Lima

**ITAJUBÁ – MG
2018**

AGRADECIMENTOS

Obrigada Deus pela existência de tudo.

Aos meus pais e minha avó, por serem os responsáveis pelas minhas conquistas e por serem meu apoio nos momentos de dificuldades. Ao meu tio pelas frases motivacionais mais engraçadas que existem. Ao Thales por estar sempre ao meu lado.

Expresso minha gratidão ao professor Renato pela orientação, pelos ensinamentos e por acreditar em meu potencial e a professora Josiane pela disponibilidade de ajudar e responder minhas infinitas dúvidas.

Sou grata aos colegas do LogTranS, principalmente ao Harlenn, Roberta, Liline, Ana Clara e Júlia por tornarem os problemas do dia-a-dia mais leves. E a Andriani pela parceria, trocas de experiências, aprendizado e aventura durante a coleta de dados.

Agradeço a todos os colegas de Pós-Graduação em Engenharia de Produção pela companhia e auxílio em diversas disciplinas e congressos. Aos servidores da Unifei pela atenção a nós alunos. Sou grata aos professores do Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção da Unifei por escolherem essa nobre profissão e me darem a honra de aprender com eles.

Às Prefeituras de Santa Rita, Pouso Alegre, Machado e Três Corações que sempre estiverem dispostos a nos receber e fornecer os dados essenciais para o desenvolvimento deste trabalho. Às associações, cooperativas e empresas que participaram deste estudo. Àqueles que gentilmente responderam as matrizes de avaliação tornando possível a elaboração do IGRCC.

Por fim, agradeço as meninas da Rep. Super Poderosas por estarem ali para me apoiar e me dar abrigo sempre. Em especial à Fran pela amizade, companheirismo e infinitas risadas.

*“Palavras são, na minha não tão humilde
opinião, nossa inesgotável fonte de magia. capazes de ferir e
de curar.”*

J.K. Rowling.

RESUMO

MORAES, F. T. F. Elaboração de um índice para avaliação da Logística Reversa e Gestão de Resíduos de Construção Civil em Municípios de pequeno e médio porte. Dissertação (Mestrado) – Engenharia de Produção - Universidade Federal de Itajubá, Itajubá – MG. 2018.

Os Resíduos de Construção Civil (RCC) representam a maior parte dos resíduos produzidos nos municípios brasileiros. A Gestão dos Resíduos de Construção Civil (GRCC) é um desafio para a administração municipal, que, embora obrigadas por lei, não conseguem dar a destinação adequada para estes materiais. Neste contexto, surge a necessidade da criação de ferramentas que auxiliem os municípios a avaliarem a GRCC. Este trabalho busca avaliar a GRCC em municípios brasileiros de pequeno e médio porte. Para esta avaliação foi elaborado o Índice de Gestão Municipal de Resíduos de Construção Civil (IGRCC). O IGRCC foi desenvolvido a partir da seleção de indicadores de sustentabilidade aplicados aos Resíduos de Construção Civil (RCC). Tais indicadores foram organizados em cinco grupos: Ambiental, Operacional, Político-Econômico, Educacional e Social. Para a atribuição do grau de importância aos indicadores foi utilizado o método AHP (*Analytic Hierarchy Process*). O índice foi aplicado nos municípios de Santa Rita do Sapucaí, Pouso Alegre, Machado e Três Corações. O resultado do IGRCC varia de 0 a 1, quanto mais próximo de 1 melhor é considerada a gestão. Os municípios estudados obtiveram um baixo desempenho e a GRCC foi considerada ineficiente. Em Santa Rita do Sapucaí o IGRCC obtido foi de 0,40, em Pouso Alegre de 0,41, em Machado de 0,40 e em Três Corações de 0,37. Este resultado mostrou que os municípios apresentam uma série de dificuldades para obter uma gestão eficiente, sendo elas: ausência de legislações municipais; necessidade de criação de uma equipe capacitada para coordena-la; inexistência de áreas propícias para a GRCC; presença de áreas irregulares e falta de integração entre os diferentes agentes envolvidos. Para melhor desempenho no IGRCC os municípios devem criar Planos Municipais que orientem as ações da GRCC, destinarem terrenos para a criação de aterros de resíduos de Classe A e incentivarem a produção e utilização de agregados reciclados.

Palavras chave: Resíduos de Construção Civil, Logística Reversa, Análise de Decisão Multicritério, Indicadores de Gestão de Resíduos.

ABSTRACT

MORAES, F. T. F. Elaboration of an Index for the evaluation of Reverse Logistics and Construction Waste Management of small and medium size cities. Thesis (Master) – Industrial Engineering – Universidade Federal de Itajubá. Itajubá – MG. 2018.

Construction Waste (CW) represents the majority of waste produced by Brazilian cities. The Construction Waste Management (CWM) is a challenge in Brazilian. In this context, it's necessary the creation of tools to assist municipal public administration for evaluating the CWM. This work aims at evaluating the Management of Construction Waste (C&W Management) of small and medium size Brazilian cities. In order to achieve this purpose, it was elaborated the Municipal Index of Construction Waste (IGRCC). The IGRCC was developed by the selection of indicators of sustainability applied to Construction Waste (C&W). These indicators were organized in five Groups: Environmental, Operational, Political-Economic, Educational and Social. To assign the degree of importance to the indicators, it was used the Analytical Hierarchy Method (AHP). The index was applied to the cities of Santa Rita do Sapucaí, Pouso Alegre, Machado and Três Corações. The IGRCC varies between 0 and 1. The closer the one, the better is the C&W Management. The IGRCC in Santa Rita do Sapucaí is 0,40, in Pouso Alegre 0,41, in Machado 0,40 and in Três Corações 0,37. The C&W Management of these municipalities was considered inefficient. The main obstacles for a more efficient C&W Management are: lack of municipal laws; necessity of creation of a specialized team to coordinate the management; lack of adequate areas for C&W Management; existence of irregular areas of waste disposal and lack of integration among the different agents involved in the management. For a better performance in IGRCC, the cities should create Municipal Plans which orientate the actions of C&W Management, reserve places for the creation of landfills for Class A waste and encourage the production and utilization of recycled aggregates.

Keywords: Construction Waste Management, Reverse Logistics, Multiple-Criteria Decision Analysis, Indicators of Waste Management.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 Planos de Resíduos Sólidos.....	20
Figura 2 Fluxos diretos e reversos na LR de RCC	24
Figura 3 Fluxograma sobre a GRCC segundo as diretrizes do Conama.	27
Figura 4 Escala de Saaty.....	38
Figura 5 Etapas do trabalho	41
Figura 6 Classificação utilizada no IGRCC	45
Figura 7 Estrutura hierárquica proposta	47
Figura 8 Resultado grau de importância entre os Grupos	60
Figura 9 Comparação entre a importância dada a cada grupo.....	60
Figura 10 Localização da região Sul de Minas Gerais	64
Figura 11 Área de armazenamento de RCC em Santa Rita do Sapucaí	68
Figura 12 Área de disposição irregular de RCC em Santa Rita do Sapucaí.....	69
Figura 13 Área de “bota fora” de Santa Rita do Sapucaí.	70
Figura 14 Reutilização de RCC em Santa Rita do Sapucaí.....	70
Figura 15 Empresa de Coleta de RCC em Pouso Alegre.	72
Figura 16 Usina de Reciclagem de RCC em Pouso Alegre	73
Figura 17 Área de Bota Fora em Três Corações	77
Figura 18 Disposição irregular de RCC em Três Corações.....	77
Figura 19 Resultados do IGRCC: Grupo Operacional	80
Figura 20 Resultados do IGRCC: Grupo Ambiental.....	81
Figura 21 Resultados do IGRCC: Grupo Político-econômico	82
Figura 22 Resultados do IGRCC: Grupo Educacional.....	83
Figura 23 Resultados do IGRCC: Grupo Social.....	83
Figura 24 Resultados do IGRCC Global	84
Figura 25 Resultados da aplicação do IGRCC nos municípios.....	85
Figura 26 Análise de sensibilidade: Santa Rita do Sapucaí.....	86
Figura 27 Análise de sensibilidade: Pouso Alegre	87
Figura 28 Análise de sensibilidade: Machado	87
Figura 29 Análise de sensibilidade: Três Corações.....	88

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 Valores tabelados de IR	40
Tabela 2 Grau de importância por grupo de especialista.....	60
Tabela 3 Grau de Importância pelo conjunto de especialista	62
Tabela 4 Avaliação da disponibilidade e qualidade dos dados	65
Tabela 5 <i>Scores</i> dos subcritérios por município.....	78
Tabela 6 Comparação entre o IGRCC nos municípios.	84

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 Grupo Operacional: subcritérios.....	48
Quadro 2 Grupo Ambiental: subcritérios	52
Quadro 3 Grupo Político-econômico: subcritérios.....	54
Quadro 4 Grupo educacional: subcritérios	57
Quadro 5 Grupo Social: subcritérios	58
Quadro 6 Especialistas consultados.....	59
Quadro 7 Ações de melhoria: Grupo Operacional	89
Quadro 8 Ações de melhoria: Grupo Ambiental	89
Quadro 9 Ações de melhoria: Grupo Político-econômico.....	90
Quadro 10 Ações de melhoria: Grupo Educacional	90
Quadro 11 Ações de melhoria: Grupo Social.....	91

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABRAMAT: Associação Brasileira da Indústria de Materiais de Construção.

ABRECON: Associação Brasileira de Reciclagem de Resíduos de Construção e Demolição.

ABRELPE: Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais

ACAMPA: Associação de Catadores de Materiais Recicláveis de Pouso Alegre.

ACAMTC: Associação de Catadores de Materiais Recicláveis de Três Corações.

AHP: *Analytic Hierarchy Process*.

ATT: Área de Transbordo e Triagem.

CONAMA: Conselho Nacional de Meio Ambiente.

CNUAD: Conferência das Nações Unidas sobre Ambiente e Desenvolvimento.

EPA: *Environmental Protection Agency*.

GIRS: Gestão Integrada de Resíduos Sólidos.

GMRCC: Gestão Municipal de Resíduos de Construção Civil.

GRS: Gestão de Resíduos Sólidos.

GRSU: Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos.

IBGE: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.

ICMS: Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços.

IGRCC: Índice de Gestão de Resíduos de Construção Cível.

IMUS: Índice de mobilidade urbana sustentável.

LR: Logística Reversa.

MCDA: *Multicriteria Decision Analysis*.

MMA: Ministério do Meio Ambiente.

PEV: Ponto de Entrega Voluntária.

PGRCC: Plano de Gerenciamento de Resíduos de Construção Civil.

PGRS: Planos de Gerenciamento de Resíduos Sólidos.

PIB: Produto Interno Bruto.

PMGIRS: Planos Municipais de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos.

PNRS: Política Nacional de Resíduos Sólidos.

RCC: Resíduos de Construção Civil.

RCD: Resíduos de Construção e Demolição.

RS: Resíduos Sólidos.

RSU: Resíduos Sólidos Urbanos.

SIDS: Sistema de Indicadores de desenvolvimento Sustentável.

SINIR: Sistema Nacional de Informação sobre Resíduos Sólidos.

UE: União Europeia.

UNEP: *United Nations Environmental Program.*

WLC: *Weighted Linear Combination*

SUMÁRIO

RESUMO	- 5 -
ABSTRACT	- 6 -
LISTA DE ILUSTRAÇÕES	- 7 -
LISTA DE TABELAS	- 8 -
LISTA DE QUADROS	- 9 -
SUMÁRIO.....	- 12 -
1. INTRODUÇÃO.....	13
1.1 Objetivos.....	15
1.1.1 Objetivos específicos.....	15
1.2 Justificativa.....	16
1.3 Estrutura do Trabalho	16
2. REVISÃO DA LITERATURA	18
2.1 Logística Reversa e a Política Nacional de Resíduos Sólidos.....	18
2.2 Resíduos de Construção Civil.....	21
2.2.1 Logística Reversa de Resíduos de Construção Civil	24
2.2.2 Gestão de Resíduos de Construção Civil.....	26
2.2.3 A Reciclagem de Resíduos de Construção Civil	29
2.3 Índice e Indicadores de sustentabilidade	30
2.3.1 Indicadores de Sustentabilidade para a Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos.....	32
2.3.2 Indicadores de Sustentabilidade para a Gestão de Resíduos de Construção Civil	33
2.4 Análise de Decisão Multicritério	34
2.4.1 Tomada de decisão multicriterial na Gestão de Resíduos Sólidos	35
2.4.2 AHP	37
3. METODOLOGIA.....	41
3.1 Identificar e hierarquizar os indicadores de GRCC.....	41
3.2 Definir o grau de importância.....	42
3.3 Normalizar os critérios	43
3.4 Calcular o IGRCC	43
3.5 Selecionar os municípios e interpretar os resultados.....	44
4. MODELO DE AVALIAÇÃO DA GESTÃO DE RCC	46
4.1 Definição e hierarquização dos critérios	46
4.1.1 Grupo Operacional	48

4.1.2 Grupo Ambiental	51
4.1.3 Grupo Político-econômico.....	53
4.1.4 Grupo Educacional	56
4.1.5 Grupo Social.....	57
4.2. Grau de importância	58
4.3 Municípios selecionados e a coleta de dados	64
4.4 Municípios estudados: Santa Rita do Sapucaí.....	67
4.4.1. Diagnóstico da GRCC em Santa Rita do Sapucaí.....	68
4.5 Municípios estudados: Pouso Alegre	70
4.5.1 Diagnóstico da GRCC em Pouso Alegre.....	71
4.6 Municípios estudados: Machado	74
4.6.1 Diagnóstico da GRCC em Machado	74
4.7 Municípios estudados: Três Corações	75
4.7.1 Diagnóstico da GRCC em Três Corações	76
4.8 Análises dos resultados do IGRCC nos municípios	78
4.9 Análise de sensibilidade	85
4.10 Ações para melhor desempenho no IGRCC.....	88
5. CONCLUSÕES	92
5.1 Índice de Gestão Municipal de Resíduos de Construção Civil	92
5.2 Municípios estudados: coleta de dados e ações de melhoria.....	93
5.3 Sugestões de trabalhos Futuros	95
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	96

1. INTRODUÇÃO

A construção civil é uma importante atividade da indústria mundial. Segundo Brasileiro e Matos (2015), não é possível que um país cresça sem que esta atividade acompanhe seu crescimento. No Brasil, o setor apresenta um papel socioeconômico de destaque, abrangendo desde a extração de insumos até a construção propriamente dita (SILVA et al., 2015). No ano de 2016, por exemplo, a cadeia da construção civil representou 7,3% do PIB brasileiro, alcançando uma carga tributária de R\$ 112,5 bilhões e empregando um total de 11,6 milhões de trabalhadores (ABRAMAT, 2015).

O setor também é considerado o maior consumidor mundial de matéria-prima e energia. A estimativa é que consuma entre 20% a 50% dos recursos naturais e 54% do total de energia produzidas no mundo (EIA, 2016 e GONÇALVES e MARGARIDO, 2015). O setor é ainda responsável pela produção de um grande volume de resíduos sólidos. Somente no Brasil, ele produz 67% do volume de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) gerados diariamente nas cidades brasileira (SCHAMNE e NAGALLI, 2016). Na União Europeia, os Resíduos de Construção Civil (RCC) representam de 25% a 30% de todos os resíduos gerados (UE, 2015).

No Brasil, os Resíduos de Construção Civil (RCC) ou Resíduos de Construção e Demolição (RCD) são definidos pela Resolução Conama 307/2002, como aqueles provenientes de construções, reformas, reparos e demolições de obras ou resultantes da preparação e escavação de terrenos. Estes resíduos são comumente chamados de entulhos de obras, os materiais mais comuns que constituem os RCC são: tijolos, blocos cerâmicos, concretos em geral, solos, rochas, metais, resinas, colas, tintas, madeiras, compensados, forros, argamassa, gesso, telhas, pavimentos asfálticos, vidros, plásticos, tubulações, fiação elétrica dentre outros (CONAMA, 2002). Segundo Schamne e Nagali (2016), os RCC são gerados devido a perdas nos canteiros de obras e demolições e reformas que geram o descarte de uma série de materiais tanto na fase de execução quanto ao final da vida útil de uma construção.

Devido ao rápido desenvolvimento das cidades houve o crescimento das atividades de construção, reforma e demolição, conseqüentemente houve o aumento da quantidade de RCC gerada. Este aumento e a falta de políticas públicas específicas tornam a gestão de RCC um desafio para os municípios brasileiros. É comum, por exemplo, a prática da disposição final inadequada em áreas irregulares, vias públicas, calçadas, terrenos baldios, encostas e nas margens de corpos d'água (LIMA, 2012).

O gerenciamento inadequado ocorre, principalmente, devido ao desconhecimento da natureza dos resíduos e pela ausência da cultura de separação. A má gestão pode levar a obstrução de elementos de drenagem urbana, poluição de vias públicas e degradação de mananciais. Afeta a saúde, segurança e o bem-estar da população e interfere nas atividades sociais e econômicas. Apesar dos problemas causados por uma gestão ineficiente, a GRCC é muitas vezes colocada em segundo plano pelas prefeituras brasileiras. Tal fato fica evidente quando se compara o grande volume de RCC gerado com o baixo índice de resíduos que são encaminhados para tratamento (LIMA, 2012).

Os RCC possuem grande potencial de recuperação e reciclagem e são matérias-primas para a produção de agregados reciclados que podem ser utilizadas em novos processos construtivos. Porém, a utilização destes resíduos depende da redução do consumo de matérias-primas virgens e do aprimoramento do uso dos agregados reciclados pela indústria de construção civil (FROTTÉ et al., 2017). Nesse contexto, é fundamental a criação de um Sistema de Gestão Municipal para promover a utilização eficiente dos RCC.

Em 2002, o Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama) estipulou diretrizes para a GRCC por meio da Resolução n° 307/2002 que, juntamente com as Resoluções n° 348/2004, n° 431/2011 e n° 448/2012, orientam a gestão no Brasil e definem as responsabilidades dos agentes públicos, privados e dos pequenos e grandes geradores. A gestão municipal de RCC envolve, portanto, um processo decisório complexo, repleto de variáveis e dados que devem ser bem estruturados.

A Logística Reversa (LR) é um das alternativas legais para o gerenciamento adequado dos RCC, já que é considerada pela Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) como instrumento para a gestão de resíduos no Brasil. De acordo com Schamne e Nagali (2016), a LR, quando bem planejada e executada, pode auxiliar na agregação de valor aos RCC, promover a reciclagem e a disposição final ambientalmente adequada.

Em termos de gerenciamento municipal de RCC, historicamente, este esteve a cargo da administração municipal, que, por muito tempo, foi considerada a única responsável por destinar corretamente os RCC (PUCCI, 2006). Tal cenário fez com que os municípios atuassem como agentes corretivos, arcando com custos que poderiam ser evitados se houvesse o planejamento da GRCC e se as diretrizes estipuladas por leis fossem cumpridas (LIMA, 2012).

Neste contexto, a implantação das diretrizes legais motivou mudanças relacionadas à GRCC e muitos municípios implantaram medidas que proporcionassem um sistema de gestão

adequado de acordo com as legislações vigentes. Porém, segundo a Associação Brasileira das Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais - Abrelpe (2014), a maioria dos municípios brasileiros coletam apenas os RCC lançados ou abandonados nos logradouros públicos, não respeitando o determinado pelas diretrizes.

Diante deste cenário, fica evidente que a GRCC ainda é um obstáculo para os gestores municipais, principalmente devido à complexidade da gestão e pela quantidade de agentes envolvidos. De acordo com Lima (2012), os municípios brasileiros têm um longo caminho a percorrer em direção a uma gestão sustentável, visto que a maioria ainda não atenderam as determinações do Conama e não estão em conformidade com a PNRS.

Neste sentido, é evidente a necessidade de ferramentas que auxiliem os gestores a avaliarem, monitorarem e identificarem os pontos fortes e fracos e da GRCC municipal. A utilização de indicadores pode auxiliar na avaliação e na tomada de decisão em relação à gestão de resíduos e é prevista pela PNRS. Os indicadores são ferramentas eficazes para a tomada de decisão desde que sejam fáceis de medir e interpretar (PUPPHACHAI e ZUIDEMA, 2017).

O presente trabalho propõe a criação do Índice de Gestão Municipal de Resíduos de Construção Civil (IGRCC), a partir do levantamento e identificação de indicadores que possam avaliar a Gestão Municipal de Resíduos de Construção Civil (GMRCC) em municípios de pequeno e médio porte. Para a agregação dos indicadores e formulação do índice é utilizada a combinação linear ponderada. O método AHP (*Analytic Hierarchy Process*) de Análise Multicritério é usado para a atribuição do grau de importância dos indicadores pertencentes ao IGRCC. Espera-se que o IGRCC seja uma ferramenta que possa ser utilizada por gestores municipais na implantação de melhorias e monitorarem o Sistema de Gestão dos municípios brasileiros de pequeno e médio porte.

1.1 Objetivos

O objetivo do trabalho é avaliar a Gestão Municipal de Resíduos de Construção Civil de municípios de pequeno e médio porte por meio da utilização do Índice de Gestão Municipal de Resíduos de Construção Civil (IGRCC).

1.1.1 Objetivos específicos

- Realizar o levantamento de indicadores voltados para a avaliação da GRCC;
- Elaborar o Índice de Gestão Municipal de Resíduos de Construção Civil (IGRCC);

- Selecionar municípios de pequeno e médio porte e aplicar o IGRCC;
- Estudar o desempenho dos municípios no IGRCC;
- Listar ações para melhorar o desempenho dos municípios em cada indicador que compõe o IGRCC.

1.2 Justificativa

Segundo Schamne e Nagalli (2016) é importante a realização de estudos que explorem a LR em diferentes setores para facilitar a tomada de decisão e melhorar a eficiência do gerenciamento de resíduos. Para Agrawal et al. (2015), ainda existem lacunas nos estudos referentes a Logística Reversa aplicada a Gestão de Resíduos de Construção Civil.

No que se refere à utilização de indicadores para avaliação da GRCC, Lima (2012) afirma que existe diversos estudos que abordam o tema, mas a maior parte destes não trata o assunto de forma sistemática. Tal fato faz com que vários aspectos relacionados aos RCC passem despercebidos e sejam desconsiderados na GRCC. Segundo o autor, existe a necessidade de elaboração de indicadores que auxiliem no monitoramento da GRCC municipal de forma sistêmica.

Diante deste quadro, o presente estudo propõe a criação do Índice de Gestão Municipal de Resíduos da Construção Civil (IGRCC) voltado para municípios de pequeno e médio porte (maior parte dos municípios brasileiros). O índice é elaborado a partir de indicadores que avaliem a GRCC municipal considerando aspectos operacionais, ambientais, político-econômicos, educacionais e sociais.

1.3 Estrutura do Trabalho

Este trabalho está estruturado em cinco capítulos. Neste primeiro capítulo, é apresentada uma introdução sobre o tema, os objetivos, as justificativas e a estrutura do trabalho. O Capítulo 2 apresenta a Revisão de Literatura sobre o assunto abordado e apresenta os conceitos de: Logística Reversa, Política Nacional de Resíduos Sólidos, Resíduos de Construção Civil, Índice e indicadores e Análise de decisão Multicritério.

O terceiro capítulo apresenta a metodologia utilizada para a elaboração do estudo. Aborda, portanto, a classificação da pesquisa e as etapas necessárias para a realização do trabalho: Identificação dos Indicadores, Hierarquização dos Indicadores, Atribuição dos Pesos aos critérios, Agregação dos Critérios, Aplicação do IGRCC e Análise dos Resultados.

No quarto capítulo é apresentado o Modelo de Avaliação da Gestão Municipal de Resíduos de Construção Civil. Nele são mostrados os indicadores selecionados, a estrutura hierárquica utilizada, o grau de importância atribuído aos critérios e a formulação do IGRCC. Também apresenta a aplicação do IGRCC em quatro municípios de pequeno e médio e porte selecionados para a realização deste estudo. Por fim, no capítulo cinco são apresentadas as conclusões obtidas com este trabalho.

2. REVISÃO DA LITERATURA

Neste capítulo são mostrados os conceitos de: Logística Reversa, Política Nacional de Resíduos Sólidos, Resíduos de Construção Civil, Índice e Indicadores de Sustentabilidade e Análise de Decisão Multicritério.

2.1 Logística Reversa e a Política Nacional de Resíduos Sólidos

A Logística Reversa é a área da Logística Empresarial que se preocupa com os fluxos de materiais, este fluxo se inicia nos pontos de consumo e são transferidos pelos canais reversos. Ela também é responsável pelo planejamento, operação e controle dos fluxos de informações referentes ao retorno dos bens de pós-venda e pós-consumo ao ciclo produtivo (LEITE, 2009).

No que se refere à prática e ao estudo da logística, inicialmente foi dada maior importância ao desenvolvimento da logística tradicional. Esta buscava atender as necessidades do consumidor final, minimizar os custos e maximizar os lucros. Não existia a preocupação sobre a responsabilidade do pós-consumo no ciclo de vida do produto. Nos últimos anos, no entanto, a LR vem se destacando. Algumas empresas estão implementando a LR como ferramenta para conseguirem vantagens econômicas, crescerem de forma sustentável e melhorarem sua imagem perante o consumidor (GOVINDAN et al., 2012).

Vale ressaltar que a maior atenção à LR se deve às pressões sociais e governamentais para que as empresas se responsabilizem pela consequência ambiental de suas atividades. O posicionamento mais severo em relação às questões ambientais obrigou as organizações a desenvolverem operações ambientalmente responsáveis (SEROKA-STOLKA, 2014). Xavier e Corrêa (2013) afirmaram que os fluxos reversos vêm ganhando importância, pois é o elemento essencial para que haja um equilíbrio entre as práticas de gestão ambiental e os esforços para a otimização da cadeia de suprimentos.

Segundo Leite (2009), uma das vantagens da LR é agregar valor a um produto logístico constituído por bens inservíveis ao proprietário original, mas que ainda possuem condições de serem utilizados. Desta forma, este produto pode fluir no canal reverso, originar novos bens e recapturar seu valor econômico ou receber destinação final ambientalmente adequada.

No que se refere ao canal reverso para a gestão de resíduos sólidos, este apresenta diferenças quando comparado com a de outros bens de retorno. A maioria dos canais de pós-consumo possuem uma estrutura convergente ao invés de uma estrutura divergente. Na LR de

resíduos existem pontos intermediários para a consolidação de resíduos (centros de distribuição regionais, estações de transferência, usinas de processamento etc.) antes de serem transportados para seu local de disposição final (BING et al., 2016, LIMA et al., 2015 e Lima e Leal, 2015). Bing et al. (2014) identificaram que a disponibilidade de usinas de processamentos e de centros de consolidação são fatores chave para o desempenho dos vários canais reversos para a GRS.

Para o bom funcionamento de um fluxo reverso na gestão de resíduos sólidos é necessária a estruturação de toda a cadeia reversa, de modo a promover as responsabilidades de todos os elos da cadeia produtiva (GUARNIERI et al, 2013). Bernardo e Lima (2017) destacam a importância dos programas de coleta seletiva para possibilitar o fluxo reverso dos resíduos sólidos. Fagundes et al. (2017), ao estudar a LR no setor pneumático no Brasil concluiu que o sucesso de qualquer iniciativa de LR deve ter apoio político, pois este aumenta as chances de sucesso do processo de logística reversa na gestão de resíduos.

Neste sentido, foi instituída a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) por meio da Lei Federal nº 12.305/2010. A PNRS definiu a Logística Reversa como o instrumento de desenvolvimento econômico e social para a Gestão de Resíduos Sólidos (GRS). Pela PNRS a LR é o instrumento capaz de viabilizar a coleta e a restituição dos resíduos ao setor empresarial e permite a destinação final ambientalmente adequada (BRASIL, 2010). De acordo com Guarnieri et al. (2013), a inclusão da LR na PNRS realça a preocupação legal sobre operacionalização e equacionamento logístico da gestão de resíduos sólidos.

A PNRS insere, no contexto brasileiro, conceitos inovadores e estabelece as responsabilidades aos geradores e representa um marco em termos de políticas ambientais no país (DEUS et al., 2015; SOLER, 2014 e GOLÇALVES et al. 2018). Dentre as inovações estão: incentivo para a coleta seletiva; inserção do setor informal; criação de sistemas de logística reversa; priorização da não geração, redução, reutilização, beneficiamento, reciclagem e só então a disposição final dos rejeitos; educação ambiental e responsabilidade compartilhada (MACHADO e OLIVEIRA, 2010 e GOLÇALVES et al. 2018).

Esta Política ressalta, ainda, a proteção da saúde pública e a qualidade ambiental. Para tanto, estimula a adoção de padrões sustentáveis de produção e consumo, adotando o desenvolvimento e aprimoramento de tecnologias limpas como forma de minimizar os impactos ambientais. Prevê também a Gestão Integrada dos Resíduos Sólidos, definida como:

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 (BRASIL, 2010).

Machado (2012) destaca que a PNRS deve levar os municípios a criarem e implantarem políticas públicas ambientais, através de planos obrigatórios. Ao adotar uma política é possível antecipar comportamentos danosos ao ambiente e à saúde pública. Já sobre a responsabilidade compartilhada, o autor afirma que se trata de uma integração entre o poder público, empresas e os diversos segmentos da sociedade na formulação e implementação de normas e regulamentos e na Gestão de Resíduos Sólidos.

Neste sentido, um dos instrumentos da PNRS para promover a GRS é a implantação de Planos de Resíduos Sólidos (Figura 1). Os Planos de Gerenciamentos de Resíduos da Construção Civil são exemplos de Planos de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PGRS), que fazem parte dos Planos Municipais de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PMGIRS).

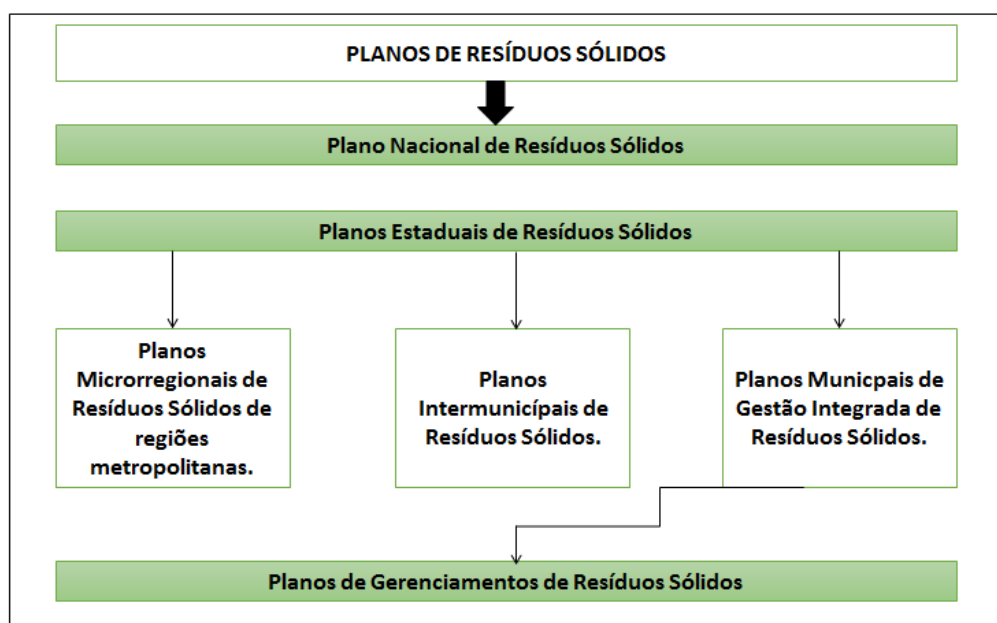


Figura 1 Planos de Resíduos Sólidos
Fonte: MMA (2017).

De acordo com a PNRS, alguns materiais, devido a suas características, devem apresentar um sistema de logística reversa próprio. Estes materiais são: agrotóxicos, óleos lubrificantes e suas embalagens; pilhas e baterias; pneus; lâmpadas fluorescentes, de vapor de sódio e mercúrio e de luz mista e produtos eletrônicos (Paes et al., 2016). Tais sistemas devem ser dispostos em regulamentos ou em acordos setoriais e termos de compromisso firmados entre o poder público e setor empresarial (BRASIL, 2010).

De acordo com Schamne (2016), no Brasil alguns setores se destacam na implantação de sistemas de Logística Reversa, são eles: os setores de óleos lubrificantes, de agrotóxicos e o de pneumáticos. A melhor estruturação destes sistemas ocorre devido a acordos setoriais e termos de compromissos firmados pelos diferentes elos da cadeia produtiva destes setores. No entanto, outros setores, como o da indústria farmacêutica, encontram dificuldades em firmar o acordo setorial, o que dificulta a eficácia da gestão dos resíduos por ele gerados (MORAES e LIMA, 2016).

A PNRS apresenta ainda a classificação dos resíduos sólidos quanto a origem e quanto à periculosidade dos resíduos. Em relação à periculosidade, os resíduos são classificados em resíduos perigosos e em resíduos e não-perigosos. Quanto à origem os resíduos são classificados em resíduos: domiciliares, de limpeza urbana, sólidos urbanos, de estabelecimentos comerciais e prestadores de serviços, dos serviços públicos de saneamento básicos, industriais, de construção civil, agrossilvopastoris, de serviços de transporte e de mineração. Esta classificação permite observar o quão diversos são os resíduos em nossa sociedade e mostra a importância dos estudos para promover uma melhor coleta, tratamento e disposição final destes materiais (DEUS; BATTISTELLE e SILVA, 2017).

2.2 Resíduos de Construção Civil

Os resíduos de construção civil são definidos pela PNRS como aqueles “*gerados nas construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, incluídos os resultantes da preparação e escavação de terrenos para obras civis*” (BRASIL, 2010). Para a Agência de Proteção Ambiental Americana (*Environmental Protection Agency - EPA*), os resíduos de construção e demolição consistem em detritos gerados durante a construção, renovação e demolição de edifícios, estradas e pontes. Eles contêm materiais volumosos e pesados tais como: concreto, madeira, gesso, metais, tijolos, vidros, plásticos, componentes de construção recuperáveis (portas, janelas e acessórios de encanamento), terra e rocha de locais de limpeza (EPA, 2017).

Dentre os países pertencentes à União Europeia (EU), o conceito de RCC varia de acordo com o país. Em Portugal, por exemplo, a definição de resíduos de construção foi estabelecida pelo decreto de Lei nº 73/2011, segundo o qual estes são resultado da construção, reconstrução, extensão, alteração, manutenção e demolição dos edifícios, incluindo os fluxos de resíduos específicos nela contidos. Os resíduos municipais ou similares e as misturas de

resíduos de obras com outros resíduos de origem distinta não são incluídos nesta definição (UE, 2015).

No Reino Unido, os resíduos provenientes da construção são divididos em três tipos: resíduos de construção (que são materiais indesejáveis provenientes da construção), resíduos de escavação (que são os materiais não desejáveis vindos do processo de escavação e fundação realizadas pela indústria de construção) e resíduos de demolição (vindos da demolição ou do “bota fora” de uma estrutura existente). Já na França não existe uma definição oficial para os RCC (UE, 2015).

Na Argentina, são considerados RCD materiais como: solo, asfalto, concreto, madeira, gesso, cascalho e metais (GONZÁLES, 2010). Na Colômbia, são definidos como aqueles gerados em todas as construções e em cada uma das fases do período de vida de uma construção (cerca de 50 anos) (PORRAS et al., 2013).

As informações sobre a geração e destinação dos RCC no Brasil são escassas. Segundo Brasileiro e Matos (2015), a tarefa de quantificação é um obstáculo, pois grande parte dos resíduos gerados é proveniente de geradores informais, para os quais os levantamentos de dados estão indisponíveis. Em termos de coleta, apenas em 2014 foram coletadas aproximadamente 45 milhões de toneladas de RCC. Segundo a Abrelpe (2014), este valor representa um aumento de 4,1% do total de resíduos de construção coletados no Brasil no ano de 2013. É estimado pela Abrelpe (2014) que a quantidade *per capita* coletada pelos municípios é de 0,603 Kg/hab/dia. De acordo Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil elaborado pela Abrelpe (2016), a quantidade de RCC coletados em 2016 foi de 45,1 milhões de toneladas, o que mostra um aumento de 0,1 toneladas em relação a 2014.

Em outros países, no entanto, existe a quantificação dos RCC. Na França, por exemplo, foram geradas 246,7 milhões de toneladas em 2012. No mesmo ano, foi produzido pelo Reino Unido um total de 100,23 milhões de toneladas de RCC. Em 2013 foram gerados 8,3 milhões de toneladas de resíduos na Áustria (este dado não considera resíduos provenientes da escavação). Considerando todos os países pertencentes à União Europeia, são gerados mais de 800 milhões de toneladas de RCC por ano (UE, 2016).

Nos Estados Unidos, por sua vez, no ano de 2014 foram gerados 534 milhões de toneladas de RCD (EPA, 2017). A China, um dos maiores geradores de resíduos do mundo, produziu cerca de 2,8 bilhões de toneladas de RCC em 2013, o que equivale a 35% do total de resíduos urbanos gerados naquele país (FU e TENG, 2014).

No Brasil, os RCC são classificados como inertes, pois estes não sofrem transformações físicas, químicas ou biológicas. Desta forma, podem ser utilizados como agregado reciclado em obras de pavimentação e na construção de casas populares por prefeituras brasileiras (LIMA e CABRAL, 2013).

Pela Resolução Conama nº 307/2002, os RCC são classificados em função de suas características e apresenta formas de destinação de acordo com suas classificações. Os resíduos pertencentes à Classe A, como tijolos, blocos, telhas, argamassa e concreto, devem a reutilizados ou reciclados na forma de agregados. Para tanto, devem ser enviados para aterros de resíduos de Classe A.

Na Classe B estão agrupados resíduos que podem ser reciclados como: plástico, papel, papelão, metais, vidro, gesso e madeira. Eles devem ser encaminhados para a reutilização ou reciclagem e armazenamento em áreas temporárias para uso futuro. Na Classe C encontram-se os resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias viáveis de reciclagem ou recuperação. Devem, portanto, serem enviados para armazenamento, transporte e destinação final em conformidade com as normas técnicas específicas.

Por fim, na Classe D são agrupados os resíduos perigosos como: tinta, solventes, óleos, materiais contaminados, telhas e demais objetos e materiais que contenham amianto ou outros produtos nocivos à saúde. Tais materiais devem ser encaminhados para armazenamento, transporte, destinação em conformidade com as normas técnicas específicas.

A composição dos RCC é bastante heterogênea, e varia de acordo com a técnica empregada na obra. Segundo Karpinsk et al. (2009), as características dos RCC variam de país para país. No Brasil, Segantini e Wada (2011) explicam que grande quantidade de resíduos é gerada por desperdício de materiais naturais (areia, pedra, madeira) e cimento.

Segundo Silva e Fernandes (2012), os RCC podem ser utilizados como matéria-prima para a produção de agregados que podem ser utilizados em outras etapas do processo construtivo. Desta forma, Lima (2012) destaca a importância de se dar o tratamento e a destinação correta para os RCC, a fim de contribuir para a cadeia produtiva diminuir seus impactos no ambiente. Uma destinação correta dos RCC só é possível por meio de um Sistema de Gestão eficiente e uma LR eficaz que cumpra as diretrizes legais para a GRCC e promova o desenvolvimento sustentável.

2.2.1 Logística Reversa de Resíduos de Construção Civil

A Logística Reversa dos RCC não depende somente da atuação de construtoras. Segundo Schamne (2016), os impactos do setor têm início antes da produção de qualquer material e se estende durante e após a vida útil das construções. Para que a LR aconteça de forma eficiente todos os elos da cadeia de suprimento da indústria de construção civil devem participar ativamente na criação e da operação dos fluxos reversos dos resíduos gerados pelo setor. Neste sentido, Sobotka e Czaja (2015) afirmaram que os diferentes participantes podem adotar medidas que contribuam para o desenvolvimento da LR. Estas medidas são: utilização de materiais recicláveis ou reaproveitáveis, quantificação e identificação dos resíduos por eles gerados.

A Figura 2 apresenta os fluxos diretos e reversos no sistema de LR do setor de construção civil. Na figura, entende-se por consumidores os pequenos e grandes geradores de RCC.

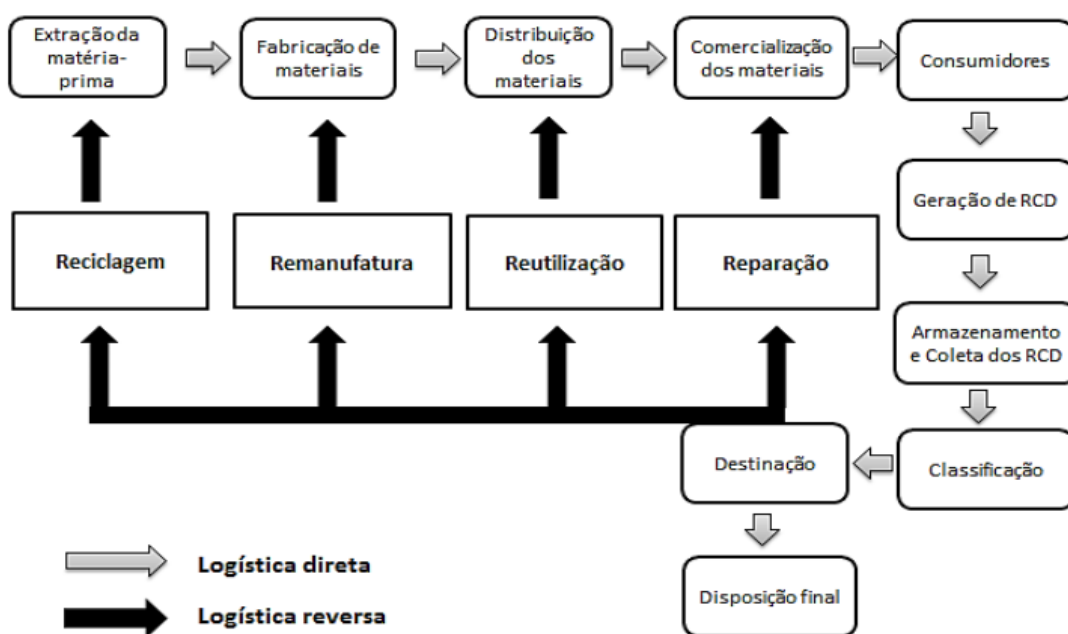


Figura 2 Fluxos diretos e reversos na LR de RCC
Fonte: Schamne (2016).

Existe uma série de vantagens para inserir a LR no setor de construção civil, estas podem ser agrupadas em vantagens econômicas, sociais e ambientais. Dentre as vantagens econômicas estão a redução de gastos na construção pela utilização de materiais recicláveis e diminuição das despesas de transportes de RCC. As vantagens sociais são: geração de emprego e melhoria da reputação das empresas. Por fim, as vantagens ambientais são: menor

geração de resíduos, menor extração de recursos naturais e menor emissão de gases poluentes (HOSSEINI et al., 2015).

Diante destas vantagens, medidas estão sendo tomadas para o desenvolvimento da LR na indústria de construção civil. Na Europa, por exemplo, houve melhorias na LR do setor devido ao avanço da legislação e a criação de políticas voltadas para a GRCC. Segundo Schanne e Nagalli (2016), em alguns casos a lei obriga a triagem dos resíduos nas obras e a entrega destes em unidades de reciclagem. Existe o incentivo à demolição controlada, taxaço de matérias-primas virgens e oferta de subsídios financeiros para as unidades de tratamento. O estabelecimento de metas também favoreceu a LR do setor. De acordo com regras da UE, os Estados-Membros devem tomar medidas necessárias para que até 2020 haja uma redução de 70% do total de RCC por eles gerados. Tais medidas só foram possíveis pois a GRCC foi identificada como um fluxo de resíduos prioritário na União Européia (UE, 2016).

Já no Canadá, a LR dos RCC ocorre, principalmente, em nível municipal, pois as diretrizes estaduais e nacionais são limitadas. A LR no setor vem ganhando destaque a medida que começam a surgir iniciativas voluntárias da indústria para promover a gestão dos RCC. O *Construction Resources Initiative Council*, por exemplo, atua buscando motivar os tomadores de decisões e *designers* de construção a adotarem práticas sustentáveis e reduzirem a quantidade de resíduos gerados. Este conselho determinou que até 2030 os resíduos de construção não poderão ser enviados para aterros (CCME, 2014).

Mesmo com tais iniciativas, a Logística Reversa de RCC apresenta barreiras para que funcione de maneira eficaz. Nos países pertencentes a União Européia, um dos maiores desafios é o baixo custo e a grande disponibilidade de materiais-primas virgens. Tal fato dificulta a utilização de materiais reciclados nas obras. Em termos culturais, existe a resistência da população para aceitação dos materiais reciclados e a desconfiança da qualidade destes produtos. A ineficiência da triagem e a contaminação dos resíduos também é dificultam a LR (UE, 2015).

Schmne e Nagalli (2016) afirmam que as principais dificuldades encontradas na LR do setor estão relacionadas a aspectos econômicas, sociais, ambientais e tecnológicos. Dentre os obstáculos os autores destacam o baixo número de empresas especializadas, o pouco apoio governamental, a falta de instrução e treinamento para profissionais do setor e o elevado custo para a implantação do sistema logístico reverso. Os autores também destacam que existe uma dificuldade por parte dos geradores de resíduos em reutilizar os resíduos ou destiná-los de maneira adequada de acordo com as legislações vigentes. Desta forma, segregar e destinar os

RCC é uma das maiores dificuldades para a LR do setor. Tal fato mostra a necessidade de se desenvolver ferramentas que auxiliem as empresas a melhorar seus processos de gerenciamento de resíduos, de modo a cumprir com as exigências legais.

No Brasil, com a publicação da Resolução Conama nº 307/2002, a LR no setor de construção vem ganhando força. Segundo a Abrecon (2015), houve um aumento no número de usinas de reciclagem. Apesar deste aumento, a maior parte dos RCC não é reciclada e a LR não funciona de maneira eficaz. Neste sentido, Nunes et al. (2009) afirmam que para a operacionalização do sistema de LR seja eficiente são necessários mais centros de reciclagem e que estes devem ser distribuídos por todo país. O autor completa dizendo que a GRCC no setor só será satisfatória quando houver a integração entre todos os *stakeholders* da cadeia produtiva e ressalta a importância de considerar o mercado final para o produto reciclado.

Segundo Moraes; Lima e Lima (2017), uma das principais dificuldades para a estruturação de um sistema de Logística Reversa é a falta de dados sobre a produção nacional de RCC. Segundo os autores, só é possível dimensionar o fluxo reverso se os RCC forem quantificados e identificados. Neste sentido, Nunes et al. (2009) afirmam que governo, população, empresas e trabalhadores do setor de construção civil exercem papel fundamental na implantação da LR e que esta só se tornará viável quando o descarte se tornar desvantajoso em relação à reinserção dos resíduos no ciclo produtivo.

Para a Abrecon (2015), é possível melhorar e incentivar a LR por meio da maior aquisição de agregados reciclados pelo setor público, assegurando o uso prioritário destes materiais por meio de licitações. Também é necessária a maior fiscalização da destinação dos resíduos nas obras de pequeno e grande porte e a redução do ICMS para os materiais reciclados. Outra possível solução é a criação de acordos setoriais que envolva todos os elos da cadeia de produtiva da indústria de construção civil (MORAES; LIMA e LIMA, 2017).

2.2.2 Gestão de Resíduos de Construção Civil

Quando se estuda resíduos sólidos é importante diferenciar o termo gestão de gerenciamento. A gestão de resíduos está relacionada às decisões estratégicas, ao estabelecimento de metas e está atrelado à implementação de medidas para alcançar os objetivos da gestão (LIMA, 2012). Enquanto o gerenciamento envolve as ações exercidas nas etapas de coleta, transporte, tratamento e destinação final.

Vários estudos definem a GRCC como algo que ocorre dentro de canteiros de obras. Elizar, Wibowo e Koestalam (2015) a definem como o processo de identificar, analisar e

gerenciar os resíduos em projetos de construção. Porém, grande parte dos resíduos é gerada em atividades informais e não apenas em grandes projetos de obras, o que torna esta definição limitada. Neste sentido, a GRCC é responsabilidade de governos e dos demais atores envolvidos na atividade de construção (SOLÍS-GUZMÁN et al., 2009). Uma boa gestão de RCC busca a elaboração de planos para diminuir o desperdício e minimizar a produção de resíduos (ELIZAR; WIBOWO e KOESTALAM, 2015).

No Brasil, até 2002 não existiam leis e resoluções que regulamentassem a GRCC. Neste ano foi publicada a Resolução Conama nº307/2002 que representou a principal ação efetiva, em termos legais para o correto gerenciamento destes resíduos (KARPINSKI et al., 2008). A Resolução busca proporcionar uma GRCC integrada, que considere aspectos sociais, econômicos e ambientais.

De acordo a Resoluções Conama nº307/2002 e nº448/2012 é instrumento para a implantação da GRCC o Plano Municipal de Gestão de Resíduos de Construção Civil (PMGRCC). Este Plano deve ser elaborado pelos municípios e deve estar em consonância com o Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PGIRS). O Plano Municipal de GRCC determinar as responsabilidades dos pequenos geradores. Os grandes geradores devem elaborar e aprovar, nos órgãos públicos, os Planos de Gerenciamento de Resíduos de Construção Civil (PGRCC) para cada uma de suas obras (CONAMA, 2012). De acordo com Lima e Lima (2009), cabe ao município determinar quem são os grandes geradores de RCC em nível municipal. Também deve constar no Plano Municipal de Gestão de Resíduos da Construção Civil o cadastramento de áreas públicas ou privadas que serão utilizadas na GRCC, estas devem passar por um processo de licenciamento ambiental.

A Figura 3 apresenta um fluxograma sobre a Gestão de Resíduos de Construção Civil.



Figura 3 Fluxograma sobre a GRCC segundo as diretrizes do Conama. Fonte: Adaptado de Karpinski et al. (2008).

O gerenciamento de RCC é dividido em etapas, sendo elas: geração, coleta e transporte, triagem e destinação final. A destinação inclui a possibilidade de reutilização, reciclagem ou disposição final ambientalmente adequada (LIMA, 2012). Segundo o Conama, cada classe de RCC deverá apresentar um manejo adequado que respeite suas características e potenciais de tratamento. Assim, os resíduos devem ser segregados, acondicionados, coletados, transportados e receberem uma disposição final de acordo com sua classe (VALENÇA, 2008).

Sobre a coleta e transporte de RCC, Valença (2008) afirma que, no Brasil, esta ocorre essencialmente por meio de micro e pequenas empresas que operam em uma atividade altamente fragmentada, com baixo nível tecnológico e alta concorrência. Estas empresas utilizam caçambas metálicas que são transportadas por veículos pesados (caminhões) com carrocerias basculantes ou carroceiras de madeira, caminhonetes, *Kombis* e carroças de tração animal. Segundo Lima (2012), os veículos de coleta pertencentes à prefeituras coletam resíduos, em obras públicas e atuam no recolhimento das disposições irregulares de RCC. Para o autor, os municípios atuam como agentes corretivos e arcam com custos que poderiam ser evitados caso políticas (já previstas por lei) fossem adotadas.

A disposição irregular dos RCC se deve, dentre outros fatores, a um processo histórico. Pucci (2006) explica que tais resíduos sempre foram depositados em aterros públicos (o que contradiz as diretrizes legais), áreas de “bota-fora”, canteiros, avenidas e praças. Devido à atuação, muitas vezes corretivas ou emergenciais, dos municípios, não existe um acompanhamento preciso dos valores gastos pelos municípios na remoção dos RCC (LIMA, 2012).

No que se refere à triagem, a Resolução Conama n° 307/2002, destaca que esta deve ser realizada, preferencialmente, pelo gerador no local de origem dos resíduos, ou em áreas de licenciadas para separar estes materiais (áreas de transbordo e triagem). De acordo com Silva et al. (2015), quando GRCC tem início na obra é possível evitar desperdícios, reutilizar sobras na própria construção, facilitar a separação e a classificação dos resíduos e evitar gastos públicos.

Como exemplo de boas práticas de GRCC no Brasil, Schamne (2016) aponta o município de Curitiba. Segundo o autor, desde 2004 o município apresenta um Plano de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil, este foi regulamentado pelo Decreto n° 1.068/04. Este Plano visa disciplinar o manuseio e disposição dos resíduos produzidos nos canteiros de obras com a participação de toda a cadeia produtiva. Os incentivos para a

utilização de RCC tiveram início com o Decreto nº 852/07, no qual foi estabelecida a obrigatoriedade de utilização de agregados reciclados, produzidos a partir de resíduos de Classe A. Os agregados devem ser utilizados em obras e serviços de pavimentação das vias públicas.

Embora, muitas vezes apontada como modelo em gestão de resíduos, Miranda et al. (2014) mostram falhas no modelo de GRCC curitibano. Para os autores, o atual modelo de gestão de resíduos é ineficiente, pois se baseia em uma gestão corretiva e pouco inovadora não incorporando aspectos de prevenção e existem diversos pontos de disposição irregulares em áreas afastadas do centro. Os autores ainda ressaltam que embora a administração pública tenha elaborado planos para a GRCC não houve o investimento em projetos e equipamento urbanos para o recebimento de materiais provenientes de pequenos geradores.

Desta forma, fica evidente a necessidade de estudos envolvendo a GRCC no Brasil, pois mesmo municípios considerados modelos a serem seguidos apresentam falhas que podem comprometer a sustentabilidade da gestão.

2.2.3 A Reciclagem de Resíduos de Construção Civil

A reciclagem de RCC está ligada a eficiência da Logística Reversa no setor. O maior desafio para promover a reciclagem e a utilização de materiais reciclados em obras é mostrar a possibilidade de obter ganhos financeiros com a comercialização e utilização de agregados reciclados (LUCHEZZI e TERENCE, 2015). Neste contexto, a fabricação e a utilização de materiais reciclados como matérias para construção vêm sendo estudada. Pinto et al. (2010), por exemplo, avaliou a possibilidade da utilização resíduos da produção do aço para a fabricação de argamassa. O estudo de Peixoto e Pádua (2009), por sua vez, avaliou a utilização de agregado reciclado feitos com resíduos da indústria siderúrgica na pavimentação de uma ciclovia.

Visto os ganhos ambientais, econômicos e a eficácia da utilização de materiais reciclados na construção, vários países vêm conseguindo altas taxas de reciclagem, recuperação e/ou reutilização dos RCC. Nos Estados Unidos, por exemplo, mais de 70% dos RCD são reciclados ou recuperados (TOWNSEND, 2014). O nível de reciclagem e recuperação dos RCD varia de 10 a 90% nos países da União Europeia. Em Portugal a reciclagem representa 48% do total de RCD gerados. Já no Reino Unido 86,5% dos resíduos não perigosos provenientes do setor foram recuperados em 2012. No mesmo ano, na Holanda

93% dos RCD foi reciclada. Na Dinamarca esta porcentagem foi de 86%, e na França 70% (UE, 2015).

No Brasil, a reciclagem destes resíduos não alcança o percentual de reciclagem dos países europeus e dos Estados Unidos. Segundo Cunha (2007), as práticas voltadas à implantação de Usinas de Reciclagem de RCC vêm acontecendo de forma lenta no país. As questões econômicas e legais relativas a estes materiais ainda são incipientes. De acordo com Ângulo (2005), no cenário nacional, as usinas de reciclagem de RCC, em sua maioria pertencem ao setor público e a produção é voltada para o consumo interno das prefeituras. Tal fato, aliado a simplicidade das usinas faz com que os índices nacionais de reciclagem no país sejam modestos.

Para aumentar os índices de reciclagem no Brasil, é necessário criar um conjunto de normas que encoraje e regule a utilização dos agregados reciclados (ANGULO, 2005). A alta disponibilidade e o baixo custo de matérias-primas virgens diminuem a demanda por agregados reciclados. A competitividade dos materiais reciclados poderia ser maior se os preços das matérias-primas virgens se tornassem desvantajosos, o que pode ocorrer por meio de incentivos tributários para os agregados reciclados (DAHLBO et al., 2015). Yuan (2013) recomenda que as centrais de reciclagem de resíduos da construção civil se localizem nas proximidades dos canteiros de obra, o que facilitaria o envio dos resíduos para a reciclagem e reduziria os custos do transporte e o preço final dos produtos reciclados.

De acordo com Schamne e Nagalli (2016) é importante ressaltar que o aumento da reciclagem dos RCC e da produção de agregados reciclados depende da ação conjunta de projetistas, construtores, empresas de demolição de RCC e do poder público. Os projetistas devem promover o uso de materiais reciclados ou recuperados e as construtoras devem utilizar tais materiais. As empresas de demolição devem buscar destinar os resíduos e reaproveitar os materiais passíveis de reutilização. O poder público, por sua vez, deve introduzir incentivos financeiros e regulatórios para utilização de materiais recuperados em novas construções e elaborar normas para facilitar a incorporação desses materiais.

2.3 Índice e Indicadores de sustentabilidade

Os indicadores são informações sistematizadas que conseguem representar e transmitir aspectos de um fenômeno estudado (MILANEZ, 2002). Segundo Coelho (2011), eles podem simplificar informações complexas, traduzindo-as de maneira simples, para que estas possam ser mais facilmente utilizadas na tomada de decisão.

Os índices são definidos, pela EPA (2017), como o resultado de uma formulação matemática a partir de um conjunto de indicadores de modo a promover uma visão geral de um fenômeno. Para Milanez (2002), os índices consistem em um grupo especial de indicadores, sendo formulados quando o objetivo é obter uma visão sintética e simplificada.

Tendo em vista a complexidade dos índices, é necessário cuidado na elaboração destes. É comum, na formulação de um índice, a tentativa de representar muitos fenômenos através de um único valor, o que impossibilita o índice de explicar qualquer um destes fenômenos. A elaboração deve ser feita com cautela e respeitando sempre os rigores matemáticos. Por esta razão, é comum que seja necessário mais de um indicador para captar todos os aspectos necessários na elaboração de um índice (BOSSSEL, 1999).

Os indicadores voltados para avaliar a sustentabilidade surgiram nos anos 90 para verificar o grau de realização dos objetivos propostos pelo desenvolvimento sustentável (LACERDA e CÂNDIDO, 2013). Isto porque, a Conferência das Nações Unidas sobre Ambiente e Desenvolvimento (CNUAD) trouxe em pauta questões sobre o ambiente e o desenvolvimento levando à divulgação, em nível internacional, do conceito de desenvolvimento sustentável.

De acordo com Martins e Cândido (2012), os aspectos de desenvolvimento sustentável são complexos e necessitam de diferentes formas de análises. Tal fato justifica a necessidade da criação dos indicadores para auxiliar nos desafios enfrentados em busca do desenvolvimento sustentável. Para promover a sustentabilidade, é necessário medir o progresso, identificar as áreas que devem ser priorizadas e avaliar os resultados das políticas já implantadas (CRUCIANI et al., 2014). Neste sentido, os indicadores de sustentabilidade são ferramentas usadas para melhorar a base de informações sobre o ambiente, auxiliar na elaboração de políticas públicas e simplificar estudos e relatórios tornando possível a comparação (MILANEZ e TEIXEIRA, 2003).

Conforme Van Bellen (2005), os indicadores relacionados à sustentabilidade medem a aproximação da realidade e não a realidade propriamente dita. Não apresentando, assim, um sistema conceitual único. Dahl (1997) afirma que os maiores desafios para a compreensão do desenvolvimento sustentável estão relacionados com a compreensão de suas dimensões e complexidades inerentes, bem como na utilização de indicadores para a mensuração de tais dimensões. A sustentabilidade deve ser explorada de forma dinâmica e os indicadores devem fornecer a evolução deste desenvolvimento de maneira simples e de fácil compreensão.

A avaliação da sustentabilidade por meio de indicadores pode ocorrer a partir da adoção de um modelo de maturidade. Nestes modelos existe a classificação da gestão em relação à sustentabilidade. A adoção de um modelo de maturidade é importante, visto que orienta a gestão em relação ao desenvolvimento e utilização de indicadores eficazes para determinados sistemas produtivos e de segmentos específicos. A avaliação por classe de maturidade viabiliza a mensuração do nível de sustentabilidade e permite a comparação entre diferentes formas de gestão (Rocha, Mendes e Moris, 2013).

Diante da importância da utilização dos indicadores de sustentabilidade, vários países vêm publicando documentos sobre a utilização de indicadores voltados para o desenvolvimento sustentável. Em Portugal, por exemplo, foi publicado o SIDS (Sistema de Indicadores de desenvolvimento Sustentável), cujo objetivo é avaliar e relatar a evolução da sustentabilidade no país (Portugal, 2018). Tais medidas como esta aconteceram porque os indicadores podem ser aplicados em âmbito global, regional ou local (LACERDA e CÂNDIDO, 2013). Em outros países da União Europeia, assim como em Portugal, vários Estados membros já apresentaram diretrizes para a utilização de indicadores de sustentabilidade. A Agência Europeia (AEA) é pioneira no desenvolvimento de estudos e trabalhos sobre o tema (PORTUGAL, 2015).

No Brasil, O IBGE divulgou em 2015 a publicação “*Indicadores de desenvolvimento sustentável: Brasil 2015*” que apresenta 63 indicadores produzidos com dados adquiridos pelo IBGE e outras instituições. Estes indicadores buscam mensurar os aspectos essenciais para o desenvolvimento sustentável em nível macroeconômico no país (IBGE, 2015).

2.3.1 Indicadores de Sustentabilidade para a Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos

De acordo com a PNRS a gestão integrada de Resíduos Sólidos deve ser constantemente avaliada. Desta forma os indicadores de Sustentabilidade para a Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos (GRSU) são instrumentos para que gestores públicos possam avaliar monitorar e planejar estratégias voltadas para a melhoria de vida da população (SANTIAGO e DIAS, 2012). Polaz e Teixeira (2009) afirmam que a adoção de um sistema de indicadores de sustentabilidade adaptados especificamente à gestão de RSU pode auxiliar os administradores municipais na definição das prioridades tornando possível o direcionamento de investimentos públicos, que muitas vezes são insuficientes para os problemas enfrentados na gestão.

Segundo o Manual de Boas Práticas para a Gestão de Resíduos Sólidos, divulgado pela Abrelpe, definir indicadores de desempenho é uma etapa importante para avaliar a Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (GIRS). Os indicadores são apresentados como unidades de medidas calculadas a partir de dados coletados no Sistema de Gestão. A precisão do cálculo dos indicadores está relacionada com a credibilidade dos dados utilizados (ABRELP, 2017).

Neste sentido, Milanez (2002) apresenta uma série de indicadores para o gerenciamento de RSU. Estes são divididos em: indicadores relacionados aos recursos humanos; indicadores de geração, coleta, tratamento e disposição final; indicadores econômicos; indicadores de qualidade e eficiência do serviço e indicadores relacionados à comunidade. Já Santiago e Dias (2012) apresentam indicadores de sustentabilidade para a GRSU, estes são agrupados em seis dimensões: dimensão política, dimensão tecnológica, dimensão econômica e financeira, dimensão ambiental e ecológica e dimensão conhecimento.

Polaz e Teixeira (2009), por sua vez, propuseram uma série de indicadores de sustentabilidade para a GRSU no município de São Carlos. A sistematização dos indicadores em dimensões da sustentabilidade possibilitou a visualização dos seus princípios, avaliação e monitoramento das políticas e a identificação de ações voltadas para a sustentabilidade. Segundo os autores, a implantação de um sistema de indicadores local para a GRSU possibilita a criação de mecanismos de controle social e estabelece metas que levem a uma gestão mais sustentável.

Apesar da importância, os indicadores usados na Gestão de Resíduos não são suficientemente integrados e existe a necessidade da criação de novos indicadores que avaliem diferentes aspectos da gestão (ZAMAN e LEHMANN, 2013). A identificação de indicadores propícios auxilia na implantação de melhorias e permite a comparação entre as ações de gerenciamento entre municípios (WILSON et al., 2015). Estes fatos justificam a necessidade de estudos que envolva a identificação de indicadores para a GRSU e para grupos especiais de resíduos, como os RCC.

2.3.2 Indicadores de Sustentabilidade para a Gestão de Resíduos de Construção Civil

Diversos foram os trabalhos encontrados sobre indicadores usados na GRCC. Um dos mais citados é Yuan (2013), que identificou indicadores que afetavam a avaliação da Gestão de Resíduos para construções sustentáveis. Fernández-Sánchez e Rodríguez-López (2010)

avaliarem a sustentabilidade no setor usando indicadores. Elizar, Wibowo e Koestalam et al. (2015) propuseram 22 indicadores que tinham o objetivo de melhorar o desempenho do gerenciamento de resíduos focados em projetos de construção civil na Indonésia. Já Oliveira e Costanzi (2014) elaboraram um índice para avaliar a reciclagem dos resíduos de construção e demolição.

Sobre a Gestão Municipal de RCC, Gehrke (2012) estudou indicadores de sustentabilidade como ferramenta de apoio a gestão pública em municípios de pequeno porte. Lima (2012), por sua vez, propôs um sistema de avaliação de acordo com PNRS e com as Resoluções Conama e listou uma série de ações para a melhoria da GRCC municipal. Fernandes e Silva Filho (2017) desenvolveram um modelo orientativo para gestão municipal de RCC utilizando indicadores para a avaliação do modelo. Rocha (2012) também propôs uma série de indicadores para avaliar a sustentabilidade e as práticas de gerenciamento de resíduos de construção.

Mália et al. (2013) estudou indicadores para estimar a quantidade de RCC gerados em setores específicos: construção residencial nova, construção residencial não nova, demolição residencial, demolição não residencial, reforma residencial e reforma não residencial. Melo, Gonçalves e Martins (2011) estimaram a geração de RCC em Lisboa, a partir da utilização de indicadores de geração.

Para Gehrke (2012) os indicadores de sustentabilidade aplicados à GRCC, apresentam, ainda, caráter educativo não sendo utilizados com frequência. Neste sentido, Rocha (2012) afirma que a utilização de indicadores na avaliação da GRCC deve ser divulgada para que os gestores possam acompanhar o desenvolvimento do sistema e trocar experiência com outros gestores. Moraes et al. (2017) evidenciaram a necessidade de estudos envolvendo indicadores para a GRCC e utilizaram análise multicritério para estudar tais indicadores.

2.4 Análise de Decisão Multicritério

A Análise de Decisão Multicritério ou em inglês *Multicriteria Decision Analysis* (MCDA), é uma ferramenta que incorpora julgamentos de tomadores de decisão individuais ou diferentes partes interessadas em um determinado problema. Esta é amplamente utilizada quando existem diferentes critérios envolvendo uma decisão e há a necessidade de convergência entre estes critérios (VUČIJAK; KURTAGIĆ e SILAJDŽIĆ, 2015).

As técnicas de MCDA consistem em um conjunto de princípios e ferramentas para ajudar o tomador de decisão a resolver um problema por meio da comparação de critérios. A

aplicação das técnicas de MCDA se inicia com um processo de definição dos objetivos, organizando-os em critérios, identificando todas as alternativas possíveis e medindo as consequências de cada decisão. A partir desta análise os decisores podem fazer suas escolhas (CHEN, 2006).

Existe uma série de métodos de Análise Multicritério dentre eles: ELECTRE, PROMETHEE (*Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluations*), MAUT (*Multiattribute Utility Theory*), NCIC (*Non-Traditional Capital Investment Criteria*), MACBETH (*Measuring Attractiveness by a Categorical Based Evaluation Technique*), TOPSIS (*Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution*), DEA (*Data Envelopment Analysis*), SMART (*Simple Multiattribute Rate Technique*), TODIM (*Interactive Decision Making*) e AHP (*Analytic Hierarchy Process*) (RODRIGUEZ; COSTA e CARMO, 2013).

2.4.1 Tomada de decisão multicriterial na Gestão de Resíduos Sólidos

A metodologia de Análise Multicritério vem sendo utilizada nas últimas décadas para solucionar problemas ambientais (MARTIN; RUPERD e LEGRET, 2007). Mendoza e Martins (2006) afirmam que utilização da MCDA na tomada de decisão na gestão ambiental e de resíduos é adequada, visto que tais decisões envolvem análises complexas, dados quantitativos e qualitativos e interesses conflitantes.

Diversos métodos de análise multicritério foram utilizados com ferramentas de apoio a decisão na Gestão de Resíduos. Salminen; Holkkanen e Lahdelma (1998), por exemplo, utilizaram os métodos ELECTRE II, PROMETHEE I, PROMETHEE II e o SMART para a escolha de um sistema de gestão de resíduos sólidos na Finlândia. Coban, Ertis e Cavdaroglu (2018) estudaram a utilização do TOPSIS, PROMETHEE I e PROMETHEE II para verificar qual a melhor forma de destinação final de resíduos na Turquia. Bania et al. (2010) avaliou locais para a instalação de tratamento de RCC aplicando o PROMETHEE II. Parekh et al. (2014) estudaram o desempenho de sistemas municipais de gestão de resíduos na Índia utilizando o método AHP.

Apesar da aplicação dos diferentes métodos, de acordo com Achillas et al. (2013), os métodos mais usados em problemas de gestão de resíduos sólidos são o AHP, ELECTRE e PROMETHEE. Segundo os autores, não existe uma regra ou fórmula genérica para escolha de qual método de MCDA utilizar, esta é influenciada pela experiência prévia dos autores.

A capacidade de englobar critérios conflitantes torna o AHP apropriado para resolver problemas relacionados aos resíduos sólidos. Uma decisão sobre a gestão de resíduos engloba aspectos políticos, técnicos e está fortemente ligada à opinião pública (BATAGARAWA et al., 2015 e HANAN; BURNLEY e COOKE, 2013).

Para verificar a utilização do método AHP para apoio a decisão em relação a Resíduos Sólidos, foi feita uma pesquisa utilizando a base de dados Periódico Capes buscando as seguintes palavras *Analytic Hierarchy Process and Waste Management*. Foram selecionados artigos em inglês e português, em Periódicos Revisados por pares, para o período entre 2012 e 2017. Foram encontrados 104 artigos que utilizavam o AHP como ferramenta para a Gestão de Resíduos.

Refinando a busca foram selecionadas as palavras-chaves: *Solid Waste Management, Landfill, Waste Disposal, Waste Treatment e Waste Management*, foram encontrados 69 artigos sobre tal tema. Estes artigos passaram por um processo de seleção por meio da leitura do título e resumo. Destes foram selecionados 23 artigos que utilizavam o AHP para a tomada de decisão em relação à GRS.

Dos 23 artigos, sete usavam o AHP para localizar a melhor área para a instalação de aterros sanitários. No estudo de Uyan (2014), por exemplo, foram considerados critérios como: distância de áreas residenciais e industriais, áreas protegida e a geologia das áreas disponíveis, fatores sociais e econômicos para determinar a melhor localização de um aterro na Turquia. Já Kumar e Hassan (2013) consideraram critérios semelhantes para a seleção da área para a construção de um aterro na Índia.

Sobre a localização de empreendimentos relacionados à GRS, foi encontrada uma aplicação do método AHP para escolher o melhor local para implantar um Centro de Processamento de Plástico no estado do Paraná. (FIDELIS; FERREIRA e COLMENERO, 2015). E outra que usava o método para selecionar a melhor área para instalação de um incinerador no Irã (ABEDI-VARAKI e DAVTALAB, 2016).

Foram encontrados três estudos que relacionavam o AHP com aspectos econômicos da GRS. Uma destas aplicações envolvia a utilização do AHP para avaliar a relação entre o crescimento econômico e as formas de tratamento de resíduos utilizadas no Sudeste e no Leste Asiático (OKUMURA; TASAKI e MORIGUCHI, 2014). O outro estudo buscou mostrar os pontos fortes e fracos de diferentes formas de cobrança pela utilização de aterros sanitários (KLING; SEYRING e TZANOVA, 2016). Já Milutinovic et al. (2014) usaram o método para comparação de modelos de GRS a ser implantado em Bangladesh.

Dois trabalhos avaliavam o aproveitamento energético de resíduos usando o AHP. O trabalho de Milutinović et al. (2017) utilizou o método para avaliar o impacto ambiental de diferentes cenários de GRCC com recuperação de energia na Sérvia. Já no estudo de Yap e Nixon (2015), o AHP foi usado para avaliar benefícios e oportunidades da produção de energia vinda de tecnologias alternativas. Lee, Vaccari e Tudor (2016), Taboada-Gonzalez et al. (2014) e Yasar, Celik e Sharit (2016) e Yedla (2012) também realizaram estudos para avaliarem a melhor opção de tratamento de resíduos usando o AHP.

Desta forma a aplicação do método AHP em estudos sobre Gestão de Resíduos vem sendo utilizada de diferentes maneiras. Isto ocorre devido às características da GRS que engloba diferentes atores, que muitas vezes não apresentam o mesmo objetivo. Assim, o AHP é apropriado para estudos envolvendo Resíduos Sólidos.

2.4.2 AHP

O Processo de Análise Hierárquica (AHP) foi desenvolvido por Thomas Saaty na década de 1970. Segundo Saaty (1980), o método procura identificar e dar pesos a múltiplos critérios de seleção, considerando as alternativas existentes. Dentre as vantagens da utilização do AHP estão à incorporação de critérios objetivos e subjetivos, a possibilidade de testar sua consistência dos resultados e a decomposição do problema em uma estrutura hierárquica (EASLEY; VALACICH e VENKATARAMANAN, 2000).

Apesar destas vantagens, segundo Ayag (2005), o AHP apresenta limitações. De acordo com o autor, o método não examina a incerteza associada ao julgamento (escala), a seleção e preferencia dos avaliadores são subjetivas e suas decisões têm influencia significativa nos resultados do AHP.

A aplicação do AHP é baseada em três etapas básicas. A primeira etapa consiste na organização do problema em uma estrutura hierárquica, esta deve relacionar as relações existentes entre os diferentes elementos da hierarquia. Já a segunda etapa se relaciona com a comparação entre os elementos que se encontram em um mesmo nível hierárquico. Por fim, a terceira etapa é a síntese das prioridades, ou seja, nesta etapa é realizada a análise dos resultados das matrizes de comparação por meio do cálculo dos autovetores, vetor prioridade ou *Eigen*, dos índices de consistência das avaliações dos decisores (Quadros e Nassi, 2015 e Sakamoto e Lima, 2016).

A criação da estrutura hierárquica, primeira etapa para a aplicação do AHP, consiste decomposição do problema em um nível mais alto (objetivo geral) e níveis mais baixos que

constituem os critérios e subcritérios. Esta decomposição permite ao avaliador focar o julgamento separadamente em cada uma das propriedades essenciais e tomar uma decisão (SAATY, 1994).

Após a hierarquização dos elementos que envolvem o problema em estudo, é realizada a comparação par-a-par entre os elementos que constituem um mesmo nível da estrutura hierárquica. A comparação aos pares consiste na atribuição dos julgamentos realizados por especialistas por meio de matrizes de comparação $n \times n$. Nas matrizes, as linhas e colunas correspondem aos ‘n’ critérios analisados para o problema em questão (QUADROS e NASSI, 2015; SAATY, 1994; WIND e SAATY, 1980).

$$A = [\alpha_{i,j}]_{n \times n} \quad (1)$$

Na equação, segundo Quadros e Nassi (2015):

- Cada linha $i \in N$ fornece razões entre o peso do critério de índice i , em relação aos demais j , com $N = \{1, 2, \dots, n\}$.
- α é o valor atribuído por um especialista, quando compara um critério da linha i com o da coluna.
- A matriz A é tal que $\alpha_{i,j} = \frac{1}{\alpha_{j,i}}$. Sendo $\alpha_{i,i} = 1$, quando $i = j$ e $j \in N$

Para o preenchimento destas matrizes é usada a escala recomendada por Saaty (1994).

Esta é apresentada na Figura 4.

Valor	Definição	Descrição
1	Igual importância	Os dois critérios contribuem de uma forma idêntica para o objetivo
3	Pouco mais importante	Um critério é um pouco mais importante que o outro
5	Muito mais importante	Um critério é claramente mais importante que o outro
7	Bastante mais importante	Um dos critérios é predominante para o objetivo
9	Extremamente mais importante	Um dos critérios é absolutamente predominante para o objetivo
2,4,6,8	Valores intermediários	Também podem ser considerados
Valores recíprocos aos anteriores	Se um critério i possui um dos valores anteriores quando comparado com o critério j , então o critério j possui o valor recíproco quando comparado com o critério i .	

Figura 4 Escala de Saaty

Fonte: Lima (2007).

De acordo com as explicações de Vargas (2010), a partir da matriz A é possível obter os pesos normalizados $v_{i,j}$ para todo $i, j \in N$. Esta normalização deve ser feita pela divisão entre de cada um dos elementos da matriz A pelo total da respectiva coluna:

$$v_{i,j} = \frac{a_{i,j}}{\sum a_{i,j}} \quad (2)$$

Onde: a somatória de $v_{i,j}$ é igual a 1. $\sum v_{ij} = 1, \forall j \in N$

Desta forma encontra-se a seguinte matriz.

$$\bar{A} = [V_{ij}]_{n \times n} \quad (3)$$

Segundo Quadros e Nassi (2015), ao utilizar o método AHP é comum ocorrer inconsistências e estas já são previstas pelo próprio método. Assim a metodologia apresenta diretrizes para o índice de consistência de uma matriz pareada, este é utilizado para mostrar quanto o autovalor ($\lambda_{\text{máx}}$) da matriz está afastado do valor esperado (n). O valor teórico de $\lambda_{\text{máx}}$ é n , e este representa o número de critérios definidos e seu desvio é: $\lambda_{\text{máx}} - n$ (QUADROS e NASSI, 2015).

Dado w (autovetor de A) que corresponde ao vetor prioridade, Saaty (1980) apresenta a equação.

$$A \cdot w = \lambda_{\text{máx}} \cdot w \quad (4)$$

Um decisor consistente, $w_i, \forall i \in N$, pode ser obtido pela solução de $Aw = \lambda_{\text{máx}} w$. Enquanto para um decisor não consistente, um vetor de valores deverá satisfazer a expressão 5. Assim, é possível afirmar que $\lambda_{\text{máx}}$ permite avaliar a proximidade dos julgamentos realizados (QUADROS e NASSI, 2015).

$$\lambda_{\text{máx}} = \frac{1}{n} \sum_{i \in N} w_i \frac{[Aw]_i}{w_i} \quad (5)$$

O cálculo do índice de inconsistência (IC) é mostrado na equação 6. A razão de inconsistência (RC) é determinada pela razão entre RC e o índice de consistência aleatória (IR), que tem seu valor tabelado (tabela 1). Assim, quanto maior for o RC, maior é a inconsistência. As fórmulas para cálculo são mostradas na equação 6. Uma matriz é considerada normalmente consistente se a razão encontrada fosse menor que 0,1.

$$IC = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \quad (6)$$

Tabela 1 Valores tabelados de IR

Número de Critérios N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
IR	0	0	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

Estas etapas do AHP foram utilizadas para a formulação do IGRCC, a metodologia proposta é descrita no capítulo a seguir.

3. METODOLOGIA

O presente estudo utilizará como método a modelagem e simulação. De acordo com (BERTO e NAKANO, 2014), este método utiliza técnicas matemáticas para elaborar um modelo, descrever o funcionamento de um sistema ou parte dele. Para Lacerda et al. (2015), a modelagem auxilia os pesquisadores a melhorarem o entendimento de um problema, pois os modelos são representações simplificadas da realidade.

A natureza da pesquisa é aplicada, pois seus resultados podem ser utilizados na solução de problemas específicos, reais e de interesses locais (SILVEIRA e CÓRDOVA, 2009). Trata-se de um estudo exploratório e descritivo, visto que descreve as características de um fenômeno através do contato com pessoas que vivenciam o problema em estudo (GIL, 2008).

A Figura 5 apresenta as principais etapas que constituem a metodologia deste trabalho. Cada uma destas etapas é descrita a seguir.

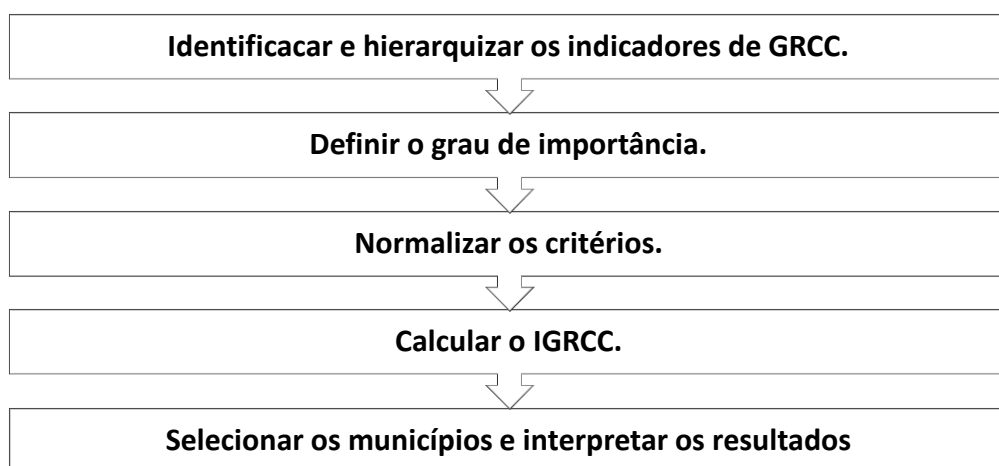


Figura 5 Etapas do trabalho

3.1 Identificar e hierarquizar os indicadores de GRCC

Para a identificação dos indicadores, foram estudados os conceitos que envolvem a GRCC, indicadores já existentes para avaliá-la, as legislações vigentes, os Planos Municipais de Gestão de RCC e documentos sobre a gestão de resíduos em outros países. A partir deste estudo foi possível listar 49 indicadores que avaliam a Gestão Municipal de RCC. Foram considerados os indicadores que abordam aspectos previstos pelas diretrizes brasileiras de Gestão de Resíduos, que poderiam ser quantificados e que não eram redundantes em sua avaliação.

Após o levantamento e a identificação dos indicadores apropriados para a avaliação da Gestão Municipal de Resíduos de Construção Civil, foi realizada a hierarquização destes indicadores. Os indicadores foram agrupados no grupo: Operacional; Ambiental; Político-Econômico; Educacional e Social. Os grupos foram propostos seguindo as diretrizes da PNRS, que prevê a utilização de indicadores de desempenho operacionais e ambientais, a criação de planos municipais que considerem aspectos sociais e econômicos na GRS e que busquem promover a educação ambiental.

Em cada grupo foram agregados os indicadores que possibilitariam avaliar a gestão de resíduos de construção dentro dos objetivos do grupo. Os indicadores de maior nível (que poderiam ser compostos por sub-indicadores) foram denominados como critérios, sendo esses desdobrados em um conjunto de subcritérios e em cada critério foi inserido um conjunto de subcritérios (sub-indicadores ou indicadores de menor nível). Construiu-se assim, a hierarquia do AHP.

3.2 Definir o grau de importância

Para comparação dos critérios foram elaboradas as matrizes de comparação par a par. Estas matrizes foram dispostas em um arquivo *excel*, e enviadas a um grupo de 17 avaliadores escolhidos para realizar a comparação pareada (Anexo A). Os avaliadores selecionados para realizarem a comparação foram escolhidos devido à experiência com resíduos sólidos e/ou setor de construção civil. Houve a participação de representantes do setor público, do setor privado e do meio acadêmico.

Os especialistas receberam o arquivo para avaliação via *e-mail*. Durante o processo de preenchimento das matrizes, foram disponibilizadas informações sobre os critérios que estavam sendo avaliados, de modo a facilitar o processo de preenchimento das matrizes. Após a comparação, os especialistas encaminhavam as matrizes respondidas para o cálculo do grau de importância de cada critério.

O cálculo do grau de importância foi realizado de acordo com o método AHP. Para a aplicação do AHP no contexto de uma decisão em grupo, em que os indivíduos atuam separadamente e que não apresentam entrosamento ou objetivos em comum. Nesta situação é necessária a utilização da métrica geométrica dos elementos (COSTA e BELDERRAIN, 2009).

3.3 Normalizar os critérios

O processo de normalização foi necessário visto que os subcritérios apresentavam diferentes naturezas, o que inviabilizou a agregação imediata. Segundo Ramos (2000), para resolver este problema é necessário normalizar, ou seja, transformar para uma mesma escala de valores a medição destes.

Neste trabalho serão utilizados *scores* normalizados que variam entre 0 e 1. O método para obtenção do *score* normalizado varia para cada subcritério. Para os subcritérios qualitativos foram utilizadas duas escalas de avaliação. Na primeira, os subcritérios são avaliados em uma escala binária e recebem um *score* 0 ou 1, a partir da ausência ou presença de determinada variável de avaliação. A segunda escala foi baseada no trabalho de Milanez (2002), que avalia os resultados em tendências muito desfavoráveis, tendências desfavoráveis e tendências favoráveis ao desenvolvimento sustentável. Desta forma, quando um subcritério for favorável deve receber o *score* 1, desfavorável o *score* 0,5 e muito desfavorável o *score* 0.

Já para os indicadores quantitativos ou quali-quantitativos foi utilizada a escala proposta por Lima (2012), que sugere que os parâmetros de avaliação da gestão integrada de RCC são Favoráveis, quando o nível de atendimento é superior ou igual a 80%; desfavoráveis quando o nível de atendimento está entre 50% e 80% e Críticos quando o nível de atendimento é inferior a 50%. Para maior coesão, também foram adotados os termos: Favorável (*score* 1), Desfavorável (*score* 0,5) e Muito Desfavorável (*score* 0).

3.4 Calcular o IGRCC

Uma vez normalizados os *scores* dos indicadores podem ser agregados de acordo com uma regra de decisão. O método de agregação utilizado neste trabalho consiste na combinação linear ponderada (*Weighted Linear Combination* - WLC). De acordo com Ramos (2000) a principal característica desta combinação é permitir a compensação entre critérios bons e ruins. Ou seja, se um determinado critério obtém *score* muito baixo, este pode ser compensado por *scores* altos em outros critérios.

A fórmula de cálculo proposta para o IGRCC é apresentada a seguir.

$$\text{IGRCC} = \sum_{i=1}^n f_i \cdot c_i \cdot s_i \cdot w_i \quad (7)$$

Em que:

f_i = Peso do Grupo obtido com os especialistas.

c_i = Peso do Critério obtido com os especialistas.

si = Peso determinado para o Subcritério.

wi = *Score* normalizado obtido para o subcritério (com $0 < w < 1$).

Para os índices setoriais a fórmula de cálculo é mostrada a seguir.

$$IGRCC_{setorial} = \sum_{i=1}^n fig. ci. si. wi$$

Em que:

fig = Peso do Grupo analisado.

ci = Peso do Critério pertencente ao grupo analisado.

si = Peso do Subcritério pertencente ao grupo analisado.

wi = *Score* normalizado obtido para o subcritério (com $0 < w < 1$).

3.5 Selecionar os municípios e interpretar os resultados

A primeira etapa para a validação do modelo consiste na escolha dos municípios para aplicação do índice. Desta forma, buscaram-se municípios de pequeno e médio porte que aceitassem participar do estudo, fornecessem os dados necessários e que fossem de fácil acesso para os pesquisadores. Assim, foram escolhidos quatro municípios: Santa Rita do Sapucaí, Pouso Alegre, Machado e Três Corações. Ambos se localizam no Sul de Minas Gerais.

Selecionados os municípios, foi iniciada a etapa de coleta de dados por meio de fontes diretas e indiretas. Depois de obtidos os dados necessários para o cálculo do IGRCC, foram realizadas a avaliação da qualidade e da disponibilidade dos dados, tal análise é semelhante à utilizada por Lima et al. (2014) para avaliação e seleção de alternativas para a promoção da mobilidade urbana sustentável. De acordo com Félix et al (2012), a disponibilidade se refere a uma classificação de tempo: os dados devem estar disponibilizados em curto prazo (CP), no momento da coleta de dados; médio prazo (MP), durante uma gestão administrativa (04 anos); longo prazo (LP), um período maior que uma gestão administrativa.

No que diz respeito à qualidade dos dados, os autores classificam estas em: alta (A), média (M) e baixa (B) de acordo com uma escala decrescente de confiabilidade. Os dados que foram classificados como de baixa qualidade não possuíam documentos que comprovassem as informações fornecidas pelos agentes da GRCC. Os dados classificados como de média qualidade estavam desatualizados. Já os dados de alta qualidade se mostravam atuais e documentados.

A análise do IGRCC é realizada a partir dos resultados obtidos para o Índice Global, e dos Índices dos Setoriais (índice de cada Grupo). Como o índice apresenta limites máximos e mínimos variando entre 0 e 1, resultados globais e setoriais próximos de 0 indicam performance ruim da GRCC, enquanto valores próximos de 1 mostram uma gestão eficaz.

Para facilitar a avaliação e melhor compreender da qualidade da Gestão Municipal de RCC foi adotada a escala apresentada na Figura 6. A nomenclatura adotada nesta classificação é adaptada de Capelini et al (2009).

	Intervalo	Classificação
	> 0,8	Gestão Eficiente
	0,5 < IGRCC < 0,8	Gestão Mediana
	< 0,5	Gestão Ineficiente

Figura 6 Classificação utilizada no IGRCC

Após o cálculo do IGRCC para os municípios estudados e a classificação da Gestão foi possível identificar as principais dificuldades da GRCC adotada em cada município, comparar as práticas por eles adotadas e propor ações de melhorias para que estes obtenham um melhor desempenho no IGRCC.

O modelo de avaliação da gestão de Resíduos de Construção Civil construído com esta metodologia é apresentado no capítulo 4.

4. MODELO DE AVALIAÇÃO DA GESTÃO DE RCC

Este capítulo busca apresentar o modelo proposto para avaliar a GRCC. Primeiramente são apresentados os indicadores selecionados para compor o IGRCC, a hierarquização destes, a formulação do IGRCC a aplicação do índice nos municípios selecionados.

4.1 Definição e hierarquização dos critérios

Para selecionar os indicadores do IGRCC, foram consultadas Leis nacionais, estaduais e municipais, diretrizes internacionais e estudos publicados sobre o tema. Dentre os principais autores utilizados como referência para a seleção dos indicadores estão Lima (2012), Yuan (2013), Polaz e Teixeira (2009), Rocha (2012), Santiago e Dias (2012), Milanez (2002), Gehrke (2012), Parekh et al. (2014), Rigamonti et al. (2016) e Fernandes e Silva Filho (2017). Os indicadores selecionados foram agrupados em: Grupo Operacional, Grupo Ambiental, Grupo Político-econômico, Grupo Educacional e Grupo Social.

O agrupamento é baseado nas diretrizes da PNRS que prevê que sejam utilizados indicadores para avaliar o desempenho operacional e ambiental no manejo de resíduos sólidos. Tal fato justifica a criação do Grupo Operacional e do Grupo Ambiental. A PNRS considera a educação ambiental como instrumento para a gestão de resíduos, por esta razão é proposto o Grupo Educacional. Ela também considera que uma gestão eficiente pode ser instrumento para o desenvolvimento social e econômico, pois seu desenvolvimento pode gerar emprego e renda. Assim, foram propostos os grupos Político-econômico e Social.

Vale ressaltar que quando se avalia a sustentabilidade de um sistema de gestão são considerados os aspectos sociais, ambientais e econômicos. Desta forma, este agrupamento, além de avaliar o cumprimento da PNRS, permite analisar os diferentes aspectos da sustentabilidade separadamente, de forma a auxiliar que os municípios criem ações de melhorias específicas para cada um dos aspectos e promoverem uma gestão sustentável.

A estrutura hierárquica construída é apresentada na figura 7.

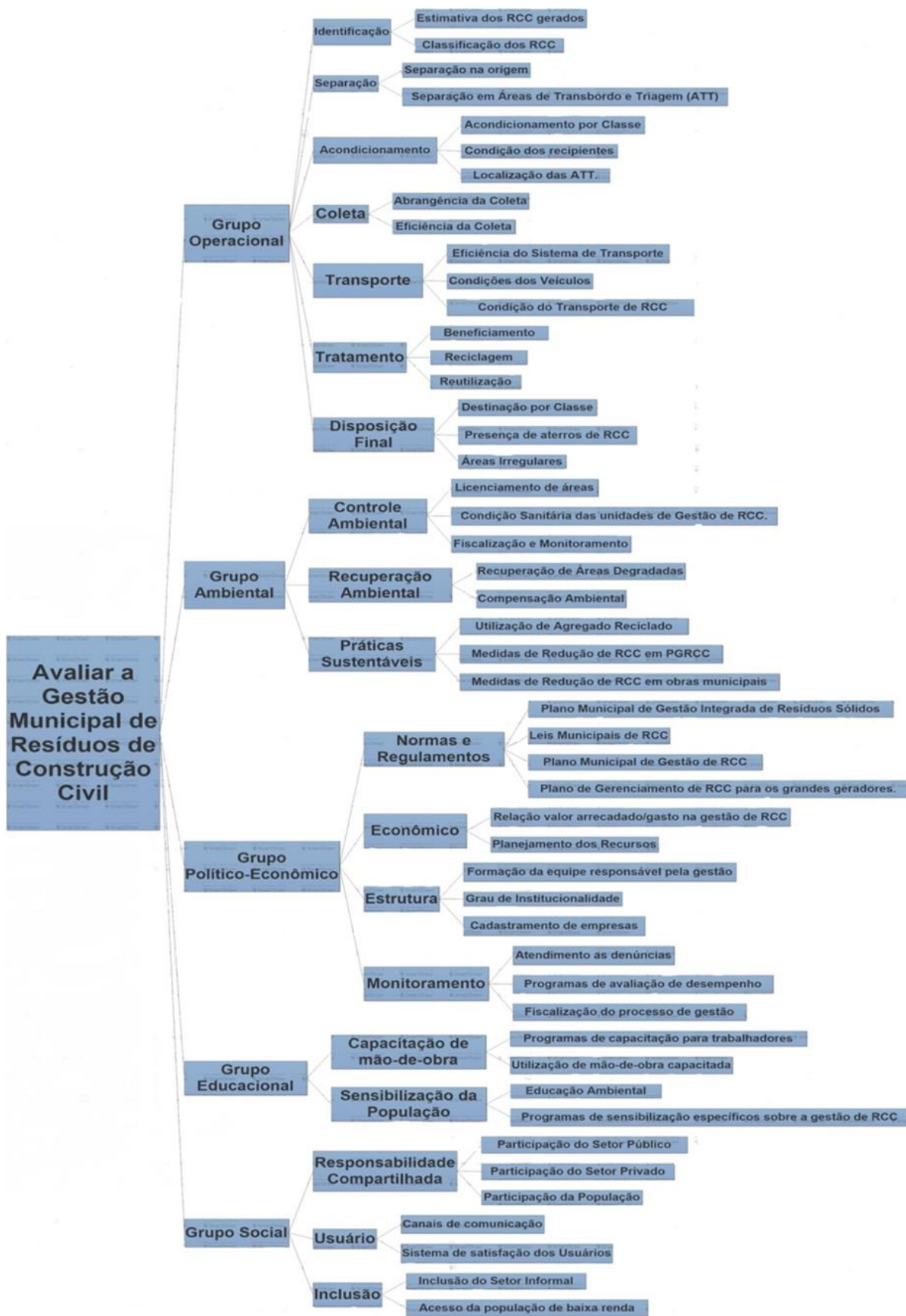


Figura 7 Estrutura hierárquica proposta

4.1.1 Grupo Operacional

O Grupo Operacional é composto por critérios e subcritérios que avaliam as etapas necessárias para dar destinação final aos RCC. A primeira delas é a identificação dos resíduos gerados, em seguida a classificação, agrupamento e o acondicionamento destes. Os resíduos devem, então, ser coletados em uma frequência suficiente para não sobrecarregar ou subcarregar os recipientes de armazenamento de RCC. Após a coleta os resíduos devem ser enviados para tratamento e só então receberem uma destinação final adequada.

Os critérios e subcritérios pertencentes ao Grupo Operacional são apresentados a seguir. O Quadro 1 descreve cada subcritério do grupo e sua respectiva forma de avaliação.

- 1. Critério identificação:** avalia a existência de medidas de identificação e classificação dos RCC.
- 2. Critério Separação:** verifica como o município organiza o processo de separação (triagem) de seus resíduos.
- 3. Critério Acondicionamento:** avalia como os RCC são armazenados corretamente.
- 4. Critério Coleta:** avalia se a coleta ocorre de maneira eficaz.
- 5. Critério Transporte:** avalia se os RCC são transportados de maneira correta e segura.
- 6. Critério Tratamento:** avalia as formas de tratamento de RCC existentes e aplicadas nos municípios.
- 7. Critério Disposição Final:** avalia as formas de disposição final dos RCC, a presença de aterros sanitários de classe A e se a destinação final ocorre respeitando as características e a classe dos resíduos.

Quadro 1 Grupo Operacional: subcritérios

Critério	Subcritério	Descrição	Métrica
Identificação	Estimativa dos RCC Rocha (2012)	Avalia se existe a estimativa do total de RCC gerado.	Apresenta estimativa: 1. Não apresenta: 0.
	Classificação dos RCC Rocha (2012)	Avalia a classificação dos RCC. Favorável: Classificação dos RCC de acordo com as classes propostas pelo Conama. Desfavorável: Classificação dos RCC em recicláveis e não recicláveis. Muito desfavorável: Não há a classificação dos RCC.	Favorável: 1. Desfavorável: 0,5. Muito desfavorável: 0.

Quadro 1 Grupo Operacional: subcritérios (cont.)

Critério	Subcritério	Descrição	Métrica
Separação	Separação na origem	Avalia a separação na fonte geradora. Favorável: Os resíduos são separados de acordo com as classes propostas pelo Conama. Desfavorável: Os resíduos são separados em recicláveis e não recicláveis. Muito desfavorável: Não existe a separação de RCC.	Favorável: 1. Desfavorável: 0,5. Muito desfavorável: 0.
	Separação em Áreas de Transbordo e Triagem – ATT	Avalia a separação dos RCC nas ATT. Favorável: Os RCC são separados de acordo com as classes propostas pela Conama. Desfavorável: Os RCC são separados em recicláveis e não recicláveis. Muito desfavorável: Não existe a separação dos RCC em ATT.	Favorável: 1. Desfavorável: 0,5. Muito desfavorável: 0.
Acondicionamento	Acondicionamento por Classe	Avalia se o acondicionamento ocorre de acordo com a classe dos RCC.	Acondicionamento por classe: 1. Não existe acondicionamento por classe: 0.
	Condição dos recipientes	Avalia as condições dos recipientes de armazenamento de RCC. Favorável: Recipientes próprios e em condições satisfatórias de uso. Desfavorável: Existem recipientes para a coleta de RCC, mas estes não apresentam condições satisfatórias. Muito desfavorável: Não existem recipientes próprios para o acondicionamento de RCC.	Favorável: 1. Desfavorável: 0,5. Muito desfavorável: 0.
	Localização das ATT	Avalia a localização das ATT e dos pontos de entrega voluntária (PEV) de RCC. Favorável: Existem ATT e PEV. Estes são bem localizados e atendem todo território municipal. Desfavorável: Existem ATT e PEV, porém estes não atendem toda a extensão do município. Muito desfavorável: Não existem ATT ou PEV para entrega de RCC.	Favorável: 1. Desfavorável: 0,5. Muito desfavorável: 0.

Quadro 1 Grupo Operacional: subcritérios (cont.)

Critério	Subcritério	Descrição	Métrica
Coleta	Abrangência da Coleta Santiago e Dias (2012)	Avalia o sistema municipal de coleta que é de responsabilidade da prefeitura. Favorável: Existe o planejamento da coleta e esta atende toda a extensão territorial. Desfavorável: Existe o planejamento da coleta, porém esta não atende áreas mais afastadas ou a zonas rurais. Muito desfavorável: Não existe um sistema de coleta municipal de RCC.	Favorável: 1. Desfavorável: 0,5. Muito desfavorável: 0.
	Eficiência da Coleta Rocha (2012) e Santiago e Dias (2012)	Avalia o planejamento da coleta de RCC. Favorável: Recipiente totalmente ocupado, ou com pouco volume a ser ocupado no momento da coleta. Desfavorável: Recipiente vazio no momento da coleta. Muito desfavorável: Recipiente com totalmente ocupado e transbordado no momento da coleta.	Favorável: 1. Desfavorável: 0,5. Muito desfavorável: 0.
Transporte	Eficiência do Sistema de Transporte	Avalia a eficiência do transporte de RCC.	Porcentagem das viagens planejadas que foram executadas.
	Condições dos Veículos Santiago e Dias (2012)	Avalia as condições dos veículos usados na GRCC. Favorável: Existem veículos em condições e quantidade adequada. Desfavorável: Existem veículos, porém estes não recebem manutenção e/ou não estão em perfeitas condições de uso ou são insuficientes para a coleta. Muito desfavorável: Não existem veículos para a coleta de RCC.	Favorável: 1. Desfavorável: 0,5. Muito desfavorável: 0.
	Condição do Transporte de RCC	Avalia se o transporte de RCC está em conformidade com a Conama n°13221.	Transporte de acordo com as exigências legais = 1 Transporte inadequado = 0
Tratamento	Beneficiamento	Avalia o beneficiamento de RCC. Favorável: Mais de 80% dos resíduos passíveis de beneficiamento são processados. Desfavorável: Apenas uma parcela dos resíduos passíveis de beneficiamento é processada. Muito desfavorável: Não existem medidas de beneficiamento.	Favorável: 1. Desfavorável: 0,5. Muito desfavorável: 0.

Quadro 1 Grupo Operacional: subcritérios (cont.)

Critério	Subcritério	Descrição	Métrica
Tratamento	Reciclagem Rigamonti et al. (2016)	Avalia a reciclagem de RCC. Favorável: Mais de 80% dos resíduos passíveis de reciclagem são reciclados. Desfavorável: Apenas uma parcela dos resíduos passíveis de reciclagem é reciclada. Muito desfavorável: Não existem medidas de reciclagem.	Favorável: 1. Desfavorável: 0,5. Muito desfavorável: 0.
	Reutilização Rigamonti et al. (2016)	Avalia a reutilização de RCC. Favorável: Mais de 80% dos resíduos passíveis de reutilização são reutilizadas. Desfavorável: Apenas uma parcela dos resíduos passíveis de reutilização é reutilizada. Muito desfavorável: Não existem medidas de reutilização.	Favorável: 1. Desfavorável: 0,5. Muito desfavorável: 0.
Disposição Final	Destinação por Classe	Avalia a destinação final dos RCC. Favorável: Destinação final correta para todas as classes de resíduos. Desfavorável: Destinação final correta para parte dos resíduos. Muito desfavorável: Inexistência de destinação por classe.	Favorável: 1. Desfavorável: 0,5. Muito desfavorável: 0.
	Presença de aterros de RC Santiago e Dias (2012), Gehrke (2012).	Avalia a presença de aterros de resíduos de classe A. Favorável: Existência de aterro e/ou consórcios municipais. Aterro com capacidade suficiente para comportar os resíduos gerados pelo município/consórcio. Desfavorável: Existência de aterro/consórcio, porém não comporta todos os resíduos gerados pelo município. Muito desfavorável: Inexistência de aterro de RCC e/ou consórcios municipais.	Favorável: 1. Desfavorável: 0,5. Muito desfavorável: 0.
	Áreas Irregulares	Avalia a existência de áreas irregulares de disposição ilegal e/ou irregulares de RCC.	Presença de áreas irregulares = 0 Ausência de áreas irregulares = 1

4.1.2 Grupo Ambiental

Neste grupo estão dispostos os critérios e subcritérios que envolvem os aspectos ambientais relacionados à GRCC. De acordo com a Resolução Conama nº 307/2002, a gestão deve minimizar os impactos ambientais gerados pela atividade de construção civil. Desta forma, os geradores devem ter como objetivo prioritário a não geração do resíduo, seguida

pela redução, tratamento e disposição final do rejeito. A Conama n° 448/2012 prevê que os RCC não sejam dispostos em áreas irregulares, lotes vagos e em áreas protegidas por Lei.

Os critérios pertencentes ao Grupo Ambiental são apresentados a seguir. O Quadro 2 descreve cada subcritério do grupo e sua respectiva forma de avaliação.

1. **Critério Controle Ambiental:** verifica se o município apresenta medidas de controle e monitoramento os recursos naturais.
2. **Critério Recuperação Ambiental:** avalia se as áreas afetadas pela disposição irregular de RCC estão sendo recuperadas pelo município.
3. **Critério Práticas Sustentáveis:** verifica se o município apresenta práticas sustentáveis na GRCC.

Quadro 2 Grupo Ambiental: subcritérios

Critério	Subcritério	Descrição	Métrica
Controle Ambiental	Licenciamento de áreas Lima (2012), Polaz e Teixeira (2009), Milanez (2000) e Gehrke (2012).	Avalia o licenciamento ambiental de áreas para a GRCC. Favorável: As áreas para GRCC são licenciadas conforme as diretrizes legais. Desfavorável: As áreas para a GRCC estão em processo de licenciamento, ou parte das áreas são licenciadas. Muito desfavorável: Nenhuma área é licenciada.	Favorável: 1. Desfavorável: 0,5. Muito desfavorável: 0.
	Condição Sanitária das unidades de Gestão de RCC.	Avalia a condição sanitária das unidades de GRCC.	Unidades de gerenciamento em condições sanitárias adequadas/ Total de unidades de gerenciamento.
	Fiscalização e Monitoramento	Avalia a fiscalização e o monitoramento ambiental municipal.	Existe fiscalização e o monitoramento = 1 Não existe fiscalização e o monitoramento = 0
Recuperação Ambiental	Recuperação de Áreas Degradadas Polaz e Teixeira (2009)	Avalia as ações municipais de recuperação de áreas degradadas por RCC. Favorável: Todas as áreas degradadas do município estão sendo ou foram recuperadas. Desfavorável: Parte das áreas degradadas por RCC estão sendo, ou foram, recuperadas. Muito desfavorável: Não existem medidas de recuperação das áreas degradadas no município por RCC.	Favorável: 1. Desfavorável: 0,5. Muito desfavorável: 0.

Quadro 2 Grupo Ambiental: subcritérios (cont.)

Critério	Subcritério	Descrição	Métrica
Recuperação Ambiental	Compensação Ambiental	Avalia se o município pratica medidas de compensação ambiental.	Medidas de compensação ambiental = 1 Inexistência de compensação ambiental = 0.
Práticas Sustentáveis	Utilização de Agregado Reciclado Lima (2012) e Fernandes e Silva Filho (2017)	Avalia a utilização de agregados reciclados. Favorável: Existe a utilização de agregados reciclados no município, tanto em obras públicas quanto em obras privadas. Desfavorável: Existe a utilização de agregados reciclados somente em obras públicas ou somente em obras privadas. Muito desfavorável: Não existe a utilização de agregados reciclados.	Favorável: 1. Desfavorável: 0,5. Muito desfavorável: 0.
	Medidas de Redução de RCC em PGRCC Lima (2012)	Avalia a existência de medidas de redução de RCC nos PGRCC.	Quantidade PGRCC com medidas de redução de RCC/Quantidade total PGRCC.
	Medidas de Redução de RCC em obras municipais Fernandes e Silva Filho (2017)	Avalia a existência de medidas de redução de RCC em obras municipais.	Medidas de redução de RCC = 1. Inexistência de medidas de redução de RCC = 0.

4.1.3 Grupo Político-econômico

Este grupo engloba os critérios e subcritérios que analisam a estruturação política e o suporte econômico dado GRCC. De acordo com a PNRS, a elaboração do Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos é condição para que os municípios tenham acesso aos recursos destinados ao manejo de resíduos sólidos e para financiamento de empreendimentos que sejam relacionados a este (BRASIL, 2010). Para Gehrke (2012), o município deve realizar ações fiscalizatórias relacionadas à GRCC para garantir a aplicação e cumprimento das leis e a utilização dos recursos.

Os critérios pertencentes a este grupo são apresentados a seguir. O Quadro 3 descreve cada subcritério do Grupo Político-econômico e sua respectiva forma de avaliação.

- 1. Critério Normas e Regulamentos:** verifica se o município apresenta leis, decretos e planos que possibilitem a existência e a operação de um sistema de GRCC.
- 2. Critério Econômico:** verifica as questões financeiras que englobam o sistema de GRCC.

3. **Critério Estrutura:** avalia a estrutura político-administrativa para a implantação do sistema de GRCC.
4. **Critério monitoramento:** avalia se o município tem controle das atividades e processos que envolvem a GRCC.

Quadro 3 Grupo Político-econômico: subcritérios

Critério	Subcritério	Descrição	Métrica
Normas e Regulamentos	Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos	Avalia a existência de um Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos. Favorável: O município apresenta o Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos. Desfavorável: O município está em processo de elaboração ou aprovação do Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos. Muito desfavorável: O município não apresenta e não está em processo de elaboração ou aprovação do Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos.	Favorável: 1. Desfavorável: 0,5. Muito desfavorável: 0.
	Santiago e Dias (2012)		
	Leis Municipais de RCC	Avalia a existência de Leis municipais para a GRCC. Favorável: O município apresenta leis que são diretrizes e regulamentam a GRCC. Desfavorável: O município está em processo de elaboração ou aprovação de leis que regulamentam a GRCC. Muito desfavorável: O município não apresenta e não está em processo de elaboração ou aprovação de leis municipais para a GRCC.	Favorável: 1. Desfavorável: 0,5. Muito desfavorável: 0.
	Plano Municipal de Gestão de RCC	Avalia se o município o apresenta o Plano Municipal de Gestão de RCC. Favorável: O município apresenta Plano Municipal de Gestão de RCC. Desfavorável: O município está em processo de elaboração ou aprovação do Plano Municipal de Gestão de RCC. Muito desfavorável: O município não apresenta e nem está em processo de elaboração ou aprovação do Plano Municipal de Gestão de RCC.	Favorável: 1. Desfavorável: 0,5. Muito desfavorável: 0.

Quadro 3 Grupo Político-econômico: subcritérios (cont.)

Critério	Subcritério	Descrição	Métrica
Normas e Regulamentos	Plano de Gerenciamento de RCC para os grandes geradores.	<p>Avalia se o município oferece orientações para elaboração do PGRCC.</p> <p>Favorável: O município oferece orientações municipais para a elaboração de PGRCC para os grandes geradores.</p> <p>Desfavorável: O município apresenta orientações para a elaboração do PGRCC, porém não há fiscalização/controlado sobre a elaboração deste pelos grandes geradores.</p> <p>Muito desfavorável: O município não apresenta orientações para a elaboração de PGRCC para grandes geradores.</p>	<p>Favorável: 1.</p> <p>Desfavorável: 0,5.</p> <p>Muito desfavorável: 0.</p>
	Relação valor arrecadado/gasto na gestão de RCC	<p>Avalia a utilização dos recursos na GRCC.</p>	<p>Relação entre o valor anual arrecadado pela GRCC e a despesa anual do setor público com a GRCC</p>
Econômico	<p>Milanez (2000), Lima (2012) e de Yuan (2013).</p> <p>Planejamento dos Recursos</p> <p>Rocha (2012) e Yuan (2013).</p>	<p>Avalia o planejamento dos recursos gastos com a gestão de RCC.</p>	<p>(Custo da GRCC - Custo estimado da GRCC)/ Custo da GRCC.</p>
	Formação da equipe responsável pela gestão	<p>Avalia a equipe responsável pela GRCC.</p> <p>Favorável: Equipe responsável pela estruturação da GRCC municipal tem formação e conhecimento técnico para coordenar a gestão.</p> <p>Desfavorável: Equipe responsável pela GRCC sem formação.</p> <p>Muito desfavorável: Não existe equipe específica para a GRCC.</p>	<p>Favorável: 1.</p> <p>Desfavorável: 0,5.</p> <p>Muito desfavorável: 0.</p>
Estrutura	Grau de Institucionalidade	<p>Avalia se as equipes que atuam na área de GRCC possuem estrutura para atuarem.</p> <p>Favorável: Existe departamento para GRCC com responsabilidades explícitas para cada funcionário.</p> <p>Desfavorável: Existe departamento para a GRCC, porém sem responsabilidades explícitas para cada funcionário do departamento.</p> <p>Muito desfavorável: Não existe departamento para a GRCC.</p>	<p>Favorável: 1.</p> <p>Desfavorável: 0,5.</p> <p>Muito desfavorável: 0.</p>
	<p>Polaz e Teixeira (2009) e Gehrke (2012).</p>		

Quadro 3 Grupo Político-econômico: subcritérios (cont.)

Critério	Subcritério	Descrição	Métrica
Estrutura	Cadastramento de empresas	Avalia se as empresas que atuam na GRCC são cadastradas. Favorável: Todas as empresas que trabalham com RCC são cadastradas. Desfavorável: Parte das empresas que trabalham com RCC são cadastradas. Muito desfavorável: Não existe cadastramento de empresas que trabalham com RCC.	Favorável: 1. Desfavorável: 0,5. Muito desfavorável: 0.
Monitoramento	Atendimento as denúncias Parekh (2014)	Avalia o atendimento das denúncias relacionadas aos RCC.	Quantidade mensal de denúncias atendidas relacionadas à RCC/ Quantidade mensal de denúncias relacionadas à RCC.
	Programas de avaliação de desempenho Polaz e Teixeira (2009) e Gehrke (2012).	Avalia a existência de medidas de avaliação de desempenho do sistema de GRCC.	Medidas de avaliação de desempenho: 1 Inexistência de avaliação de desempenho: 0.
	Fiscalização do processo de gestão Rocha (2012) e Polaz e Teixeira (2009).	Avalia se a prefeitura fiscaliza o processo de GRCC. Favorável: Existência de ações fiscalizatórias. Desfavorável: Existem ações fiscalizatórias, porém não há continuidade destas ações. Muito desfavorável: Inexistência de fiscalização.	Favorável: 1. Desfavorável: 0,5. Muito desfavorável: 0.

4.1.4 Grupo Educacional

O grupo educacional engloba os critérios e subcritérios que estão relacionados aos aspectos educacionais como: capacitação de mão-de-obra e sensibilização da população em relação aos RCC. É previsto pela PNRS a elaboração de programas e ações de educação ambiental que promovam a não geração, a redução, a reutilização e a reciclagem de resíduos sólidos (BRASIL, 2010).

Os critérios do grupo são apresentados a seguir e a descrição dos subcritérios é apresentada no Quadro 4.

- 1. Critério Capacitação de mão-de-obra:** avalia se a mão-de-obra utilizada na construção civil é capacitada em relação aos RCC.
- 2. Critério Sensibilização da População:** verifica se o município apresenta medidas voltadas a sensibilização da população sobre a GRCC.

Quadro 4 Grupo educacional: subcritérios

Critério	Subcritério	Descrição	Métrica
Capacitação de mão-de-obra	Programas de capacitação de trabalhadores. Lima (2012), Polaz e Teixeira (2009) e Gehrke (2012).	Avalia se existem programas para a capacitação de trabalhadores em relação à GRCC. Favorável: Existência de programas específicos de capacitação técnica de trabalhadores em relação à GRCC. Desfavorável: Programas existentes, mas não específicos para a GRCC. Muito desfavorável: Inexistência de qualquer tipo de orientação técnica para trabalhadores.	Favorável: 1. Desfavorável: 0,5. Muito desfavorável: 0.
	Utilização de mão-de-obra capacitada	Avalia a utilização de mão-de-obra capacitada em relação aos RCC.	Utiliza mão-de-obra capacitada: 1 Não utiliza mão de obra capacitada: 0.
Sensibilização da População	Educação Ambiental Gehrke (2012)	Avalia a existência de programas de educação ambiental para a população.	Medidas de educação ambiental: 1. Inexistência de medidas de educação ambiental = 0.
	Programas de sensibilização específicos sobre a GRCC	Avalia se a prefeitura apresenta medidas de sensibilização da população sobre a GRCC.	Programas de sensibilização da população: 1. Inexistência de programas: 0.

4.1.5 Grupo Social

O grupo social engloba critérios e subcritérios relacionado às questões sociais na GRCC. De acordo com a PNRS, a Gestão Integrada de Resíduos Sólidos deve considerar a dimensão social e cultural sob a premissa do desenvolvimento sustentável (BRASIL, 2010).

Os critérios e subcritérios pertencentes a este grupo são apresentados a seguir e a descrição dos subcritérios é apresentada no Quadro 5.

- 1. Critério Responsabilidade Compartilhada:** avalia se o setor público, o setor privado e a população participam da GRCC.
- 2. Critério Usuário:** Identifica como o usuário (população, empresas etc.) é visto dentro da GRCC.
- 3. Critério Inclusão:** avalia se a GRCC promove a inclusão do setor informal e o acesso da população de baixa renda.

Quadro 5 Grupo Social: subcritérios

Critério	Subcritério	Descrição	Métrica
Responsabilidade Compartilhada	Participação do Setor Público	Avalia se o setor público participa da GRCC.	Participa da GRCC: 1 Não participa: 0
	Participação do Setor Privado	Avalia se o setor privado participa da GRCC.	Participa da GRC: 1 Não participa: 0
	Participação da População	Avalia se a população participa da GRCC.	Participa da GRCC: 1 Não participa: 0
Usuário	Canais de comunicação Milanez (2000) e Gehrke (2012).	Avalia a existência de canais de comunicação. Favorável: Existem canais de informação e de denúncias e audiências públicas relacionadas à GRCC. Desfavorável: Existem canais de informações e denúncias ou audiências relacionadas à GRCC. Muito desfavorável: Inexistência de canais para a denúncia e compartilhamento de informações. E ausência de audiências públicas.	Favorável: 1. Desfavorável: 0,5. Muito desfavorável: 0.
	Sistema de satisfação dos Usuários Gehrke (2012) e Santiago e Dias (2012).	Avalia se existe o acompanhamento do grau de satisfação dos usuários do sistema de GRCC.	Medição do grau de satisfação dos usuários: 1 Sem medição: 0
Inclusão	Inclusão do Setor Informal Gehrke (2012)	Avalia a inclusão do setor informal. Favorável: Existem medidas de inclusão do setor informal e este se encontra organizado e é fiscalizado. Desfavorável: Existem medidas de inclusão do setor informal, porém este não é fiscalizado nem organizado. Muito desfavorável: Não existem medidas de inclusão do setor informal na GRCC.	Favorável: 1. Desfavorável: 0,5. Muito desfavorável: 0.
	Acesso da população de baixa renda Lima (2012).	Avalia o acesso da população de baixa renda a GRCC. Favorável: Toda a população de baixa renda é atendida pelo sistema de GRCC. Devorável: Apenas uma parcela da população de baixa renda é atendida pelo sistema de GRCC. Muito desfavorável: Não existe o acesso das famílias de baixa renda ao sistema de GRCC.	Favorável: 1. Desfavorável: 0,5. Muito desfavorável: 0.

4.2. Grau de importância

Uma vez definida a estrutura hierárquica, a etapa seguinte foi obter o grau de importância dos indicadores selecionados. Para tanto, foram consultados 17 especialistas (Quadro 6) escolhidos com base na experiência prévia e trabalhos desenvolvidos sobre o

tema. No grupo de profissionais consultados três eram representantes do setor público, quatro do setor privado e dez do meio acadêmico, entre docentes e discentes.

Quadro 6 Especialistas consultados

Avaliador	Experiência na área
Avaliador 1	Engenheiro Civil e desenvolve pesquisas sobre reciclagem e utilização de rejeitos na construção civil.
Avaliador 2	Secretário de Agropecuária, Meio Ambiente e Secretário Obras e Transporte de um município do Sul de Minas Gerais.
Avaliador 3	Engenheiro Ambiental, atuou em empresas de reciclagem e desenvolve pesquisas com aproveitamento de resíduos sólidos.
Avaliador 4	Engenheiro Civil com experiência no gerenciamento de resíduos sólidos urbanos, limpeza pública e resíduos de construção civil.
Avaliador 5	Engenheiro Ambiental realizou pesquisas RSU e tem experiência em saneamento básico e gestão de resíduos.
Avaliador 6	Engenheiro Civil com experiência em gerenciamento de resíduos da construção civil, gestão e educação ambiental, gestão de RSU.
Avaliador 7	Engenheiro Ambiental com experiência com Gestão Municipal de Resíduos e atua na prefeitura de um município de médio porte.
Avaliador 8	Engenheiro Sanitário e Ambiental atua uma empresa de Saneamento e Gestão de Resíduos Sólidos.
Avaliador 9	Engenheiro Civil com experiência com a Gestão de Resíduos gerados dentro das obras de uma construtora.
Avaliador 10	Engenheiro Ambiental ex-secretário de Meio Ambiente em um município do Sul de Minas Gerais.
Avaliador 11	Engenheiro Hídrico com experiência acadêmica em resíduos sólidos e aproveitamento energético.
Avaliador 12	Engenheiro Ambiental com experiência na área de gerenciamento de resíduos; resíduos de construção e demolição; logística reversa.
Avaliador 13	Graduanda em Engenharia Civil, realiza estudos em um Grupo de Pesquisa em gerenciamento e reciclagem de Resíduos Sólidos.
Avaliador 14	Engenheiro Civil, coordenador de um Grupo de Pesquisa em Resíduos Sólidos.
Avaliador 15	Engenheiro Sanitário e Ambiental atua no setor privado no setor de saneamento e gestão de resíduos sólidos.
Avaliador 16	Engenheiro Civil, membro de um Grupo de Pesquisa em gerenciamento e reciclagem de resíduos sólidos.
Avaliador 17	Engenheiro Civil, membro de um Grupo de Pesquisa em gerenciamento e reciclagem de resíduos sólidos.

Como os avaliadores apresentam experiências e visões distintas, quando se analisa o grau de importância dado a cada grupo, é possível perceber que estes variam de acordo com o setor que os avaliadores representam (Tabela 2). Na tabela 2 são identificados pela cor verde os grupos de maior importância e pela cor amarela os de menor de acordo com cada setor dos especialistas.

Os representantes do setor privado consultados priorizam aspectos operacionais, pois estes são cobrados para que as etapas do gerenciamento ocorram de forma rápida e eficaz. Já os representantes do setor público atribuíram a maior importância aos aspectos ambientais, visto que estes enfrentam constantes pressões populares para considerarem a sustentabilidade em seus planos de governo. Os acadêmicos, por sua vez, atribuíram a maior importância ao

Grupo Político-econômico, devido ao conhecimento das lacunas legais existentes em relação à GRCC, como apontado por Valença (2008) e Lima (2012).

Tabela 2 Grau de importância por grupo de especialista

	Setor Privado		Setor Público		Acadêmicos	
	Grau de Importância	Desvio padrão	Grau de Importância	Desvio padrão	Grau de Importância	Desvio padrão
Operacional	0,41	0,13	0,13	0,09	0,20	0,09
Ambiental	0,17	0,10	0,25	0,11	0,22	0,13
Político-econômico	0,24	0,07	0,22	0,19	0,26	0,13
Educacional	0,10	0,08	0,21	0,11	0,17	0,13
Social	0,08	0,04	0,19	0,09	0,15	0,08

Ao considerar todos os especialistas na atribuição dos pesos dos Grupos considerados neste estudo, foram encontrados os resultados apresentados nas Figuras 8 e 9.

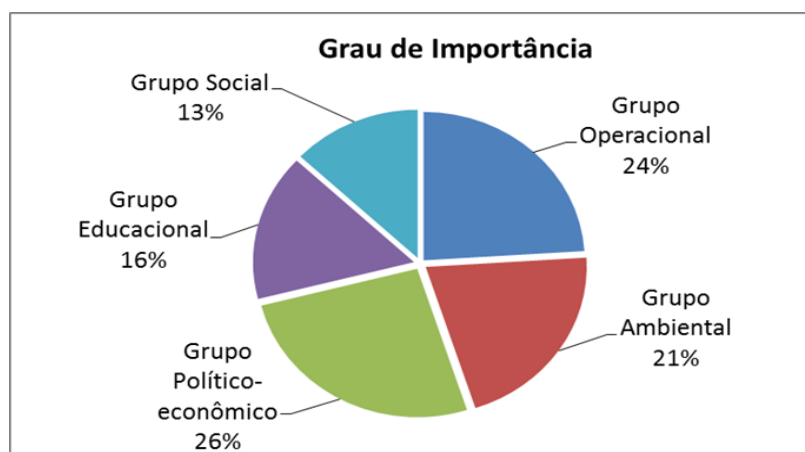


Figura 8 Resultado grau de importância entre os Grupos

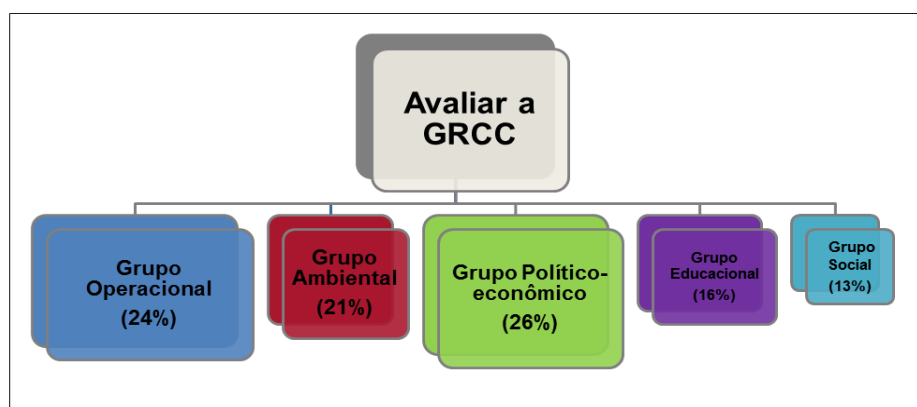


Figura 9 Comparação entre a importância dada a cada grupo

De acordo com os resultados obtidos, os avaliadores consideram o Grupo Político-Econômico mais relevante para avaliar a GRCC. Isto mostra a preocupação com as exigências legais e aspectos econômicos relacionados aos RCC. Resultado semelhante foi encontrado no

trabalho de Elizar; Wibowo e Koestalam (2015), que identificaram a política e os recursos econômicos como duas das variáveis mais relevantes para o bom funcionamento da GRCC. Tot et al (2017), também chegaram a conclusões parecidas e identificaram a área institucional-administrativa como o primeiro item a ser abordado para uma melhorar a GRCC em países em desenvolvimento. Desta forma, tanto na literatura, quanto na visão dos especialistas os aspectos legais e financeiros são os mais relevantes para o bom funcionamento de um sistema de gestão de RCC.

A segunda maior importância foi atribuída ao Grupo Operacional e a terceira ao Grupo Ambiental. Este resultado mostra que os especialistas buscam uma gestão funcional, em que as etapas ocorram dentro das diretrizes legais, de forma economicamente viável e ambientalmente correta. As menores importâncias foram atribuídas aos Grupos Educacional e Social. Isto mostra que, embora tais aspectos sejam previstos por lei, não são tão relevantes na avaliação da GRCC na visão dos especialistas.

No Grupo Operacional os critérios mais relevantes foram Tratamento e Disposição final (Tabela 3). Esse resultado mostra a preocupação dos especialistas em recuperar os resíduos e fornecer a estes uma destinação final ambientalmente adequada. No Grupo Ambiental a maior importância foi atribuída ao critério Práticas Sustentáveis, o que remete a necessidade dos municípios e empresas do setor de construção civil em inserirem práticas que promovam a redução da geração de resíduos, a produção e utilização de agregados reciclados.

Dentre os critérios pertencentes ao Grupo Político-econômico a maior importância foi atribuída ao critério Estrutura. Isto indica a preocupação dos especialistas em criar meios para promover uma equipe organizada e capacitada para o planejamento e coordenação da GRCC. No Grupo Educacional a maior importância foi dada ao critério Sensibilização da População, este resultado mostra a importância de conscientizar a população sobre os RCC. Por fim, no Grupo Social o critério Responsabilidade Compartilhada obteve maior importância, ressaltando a necessidade da atuação conjunta dos setores público e privados e da população.

O Grau de Importância dos subcritérios não foi avaliado pelos especialistas, pois a quantidade e a complexidade das matrizes poderiam atrapalhar no julgamento dos avaliadores, além disso, os subcritérios podem ser medidos. Assim, o peso total do critério (1) foi dividido pelo número de subcritérios que pertenciam a este, de tal modo que cada subcritério de um mesmo critério recebeu a mesma importância (Tabela 3). Ao atribuir o mesmo grau de importância aos subcritérios é possível inserir ou substituir novos subcritérios, sem a necessidade da avaliação dos especialistas. Neste caso, é feita a redistribuição dos pesos

de forma que seu somatório continue a ser 1. Tal fato possibilita a adaptação do índice de acordo com a disponibilidade de dados.

Tabela 3 Grau de Importância pelo conjunto de especialista

Grupo	Desvio padrão	Critério	Grau de Importância	Desvio padrão	Subcritérios	Grau de Importância
Operacional (0,24)	Operacional (0,14)	Identificação dos RCC	0,15	0,14	Estimativa dos RCC gerados	0,50
					Classificação dos RCC	0,50
		Separação	0,16	0,06	Separação na origem	0,50
					Separação em áreas de Transbordo e Triagem	0,50
		Acondicionamento	0,10	0,05	Acondicionamento por Classe	0,33
					Condição dos recipientes	0,33
					Localização das ATT	0,33
		Coleta	0,13	0,07	Abrangência da Coleta	0,50
					Eficiência da Coleta	0,50
		Transporte	0,08	0,07	Eficiência do Sistema de Transporte	0,33
					Condições dos Veículos	0,33
					Condição do Transporte de RCC	0,33
		Tratamento	0,19	0,1	Beneficiamento	0,33
					Reciclagem	0,33
					Reutilização	0,33
		Disposição Final	0,19	0,08	Destinação por Classe	0,33
Presença de aterros de RCC	0,33					
Áreas Irregulares	0,33					
Ambiental (0,21)	Ambiental (0,12)	Controle Ambiental	0,35	0,15	Licenciamento de áreas	0,33
					Condição Sanitária das unidades de Gestão de RCC	0,33
					Fiscalização e Monitoramento	0,33
		Recuperação Ambiental	0,26	0,18	Recuperação de Áreas Degradadas	0,50
					Compensação Ambiental	0,50
		Práticas Sustentáveis	0,39	0,18	Utilização de Agregado Reciclado	0,33
Medidas de Redução de RCC em PGRCC	0,33					
Medidas de Redução de RCC em obras municipais	0,33					

Tabela 3 Grau de Importância pelo conjunto de especialista (cont.)

Grupo	Desvio padrão	Critério	Grau de Importância	Desvio padrão	Subcritérios	Grau de Importância
Político-Econômico (0,26)	Político-Econômico (0,12)	Normas e Regulamentos	0,23	0,12	Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos	0,25
					Leis Municipais de RCC	0,25
					Plano Municipal de Gestão de RCC	0,25
					Plano de Gerenciamento de RCC para os grandes geradores	0,25
		Econômico	0,25	0,19	Relação valor arrecadado/gasto na gestão de RCC	0,50
					Planejamento dos Recursos	0,50
		Estrutura	0,27	0,15	Formação da equipe responsável pela gestão	0,33
					Grau de Institucionalidade	0,33
					Cadastramento de empresas	0,33
		Monitoramento	0,25	0,16	Atendimento as denúncias	0,33
					Programas de avaliação de desempenho	0,33
					Fiscalização do processo de gestão	0,33
Educativo (0,16)	Educativo (0,12)	Capacitação de mão-de-obra	0,46	0,26	Programas de capacitação para trabalhadores	0,50
					Utilização de mão-de-obra capacitada	0,50
		Sensibilização da população	0,54	0,26	Educação Ambiental	0,50
					Programas de sensibilização específicos sobre a gestão de RCC	0,50
Social (0,13)	Social (0,08)	Responsabilidade Compartilhada	0,43	0,20	Participação do Setor Público	0,33
					Participação do Setor Privado	0,33
					Participação da População	0,33
		Usuários	0,29	0,16	Canais de comunicação	0,50
					Sistema de satisfação dos Usuários	0,50
		Inclusão Social	0,28	0,15	Inclusão do Setor Informal	0,50
Acesso da população de baixa renda	0,50					

A partir da atribuição dos pesos foi possível encontrar os valores que foram usados como fatores multiplicativos no IGRCC (Equação 7). Desta forma foi possível a aplicação do índice nos municípios selecionados.

4.3 Municípios selecionados e a coleta de dados

Para aplicar o IGRCC, primeiramente foram selecionados municípios de pequeno e médio porte. O critério de seleção foi a facilidade de acesso e a disponibilidade dos municípios em fornecerem os dados necessários para a medição dos subcritérios. Os municípios selecionados foram: Santa Rita do Sapucaí, Pouso Alegre, Machado e Três Corações. Ambos se localizam na região sul do estado de Minas Gerais (Figura 10). A coleta dos dados foi realizada através de observações e entrevistas.

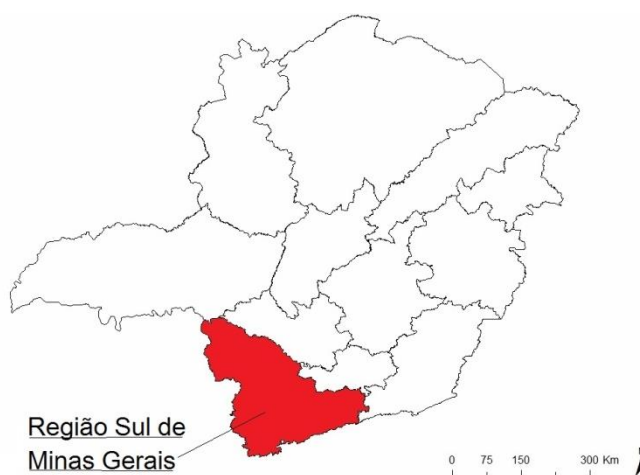


Figura 10 Localização da região Sul de Minas Gerais

Em Santa Rita do Sapucaí a coleta de dados foi feita por meio do contato com a Prefeitura Municipal (Divisão de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável da Secretaria Municipal de Agricultura, Pecuária e Abastecimento), área de “bota fora”, construtoras, empresa de coleta de RCC. No município de Pouso Alegre foram coletados dados na Prefeitura Municipal (Secretaria de Infraestrutura, Obras e Serviços Públicos), Associação de Catadores e Materiais Recicláveis de Pouso Alegre (ACAMPA), construtora, usina de reciclagem de RCC e em cinco empresas de coleta que atuam no município.

Em Machado a coleta de dados foi feita na Prefeitura Municipal de Machado (Secretaria de Agricultura, Pecuária, Abastecimento e Meio Ambiente e Secretaria de Finanças de Machado). Em Três Corações os dados foram fornecidos pela Prefeitura Municipal (Secretaria Municipal de Agricultura e Pecuária, Secretaria de Meio Ambiente e Secretaria financeira), área de “bota fora”, Aterro de Sanitário de Três Corações, Associação de Catadores de materiais recicláveis do município. O contato com os representantes do setor privado ocorreu via telefone em Machado e em Três Corações, pois estes não tiveram disponibilidade para receber visitas dos pesquisadores.

Foi feita, então, a avaliação da qualidade e da disponibilidade dos dados (Tabela 4). Na tabela 4 entende-se por “Q” qualidade do dado, “D” disponibilidade do dado. Estão grifados de verde os dados de alta qualidade (A) e que estão disponíveis em curto prazo (CP). De vermelho são grifados os dados de baixa qualidade (B) e que estarão disponíveis em longo prazo (LP). Os dados considerados de média qualidade (M) e/ou que estarão disponíveis em médio prazo (MP) são grifados de amarelo.

Tabela 4 Avaliação da disponibilidade e qualidade dos dados

Subcritério	Santa Rita do Sapucaí		Pouso Alegre		Machado		Três Corações	
	Q	D	Q	D	Q	D	Q	D
Estimativa dos RCC gerados	A	CP	A	CP	A	CP	A	CP
Classificação dos RCC	A	CP	A	CP	A	CP	A	CP
Separação na origem	A	CP	A	CP	M	MP	M	MP
Separação em ATT	A	CP	A	CP	M	MP	M	MP
Acondicionamento por Classe	A	MP	A	CP	M	MP	M	MP
Condição dos recipientes	M	MP	A	CP	M	MP	M	MP
Localização das ATT	M	MP	M	MP	M	MP	M	MP
Abrangência da Coleta	B	MP	B	MP	B	MP	B	MP
Eficiência da Coleta	B	MP	B	MP	B	MP	B	MP
Eficiência do Sistema de Transporte	B	MP	B	MP	M	MP	M	MP
Condições dos Veículos	A	CP	A	CP	M	MP	M	MP
Condição do Transporte de RCC	A	CP	A	CP	M	MP	M	MP
Beneficiamento	M	MP	A	CP	M	MP	M	MP
Reciclagem	M	MP	A	CP	M	MP	M	MP
Reutilização	A	CP	A	CP	A	CP	A	CP
Destinação por Classe	M	MP	A	CP	M	MP	M	MP
Presença de aterros de RCC	A	CP	A	CP	A	CP	A	CP
Áreas Irregulares	A	CP	A	CP	A	CP	A	CP
Licenciamento de áreas	M	MP	A	CP	M	MP	M	MP
Condição Sanitária das unidades de Gestão de RCC	A	CP	A	CP	B	MP	A	CP
Fiscalização e Monitoramento	M	MP	M	MP	M	MP	M	MP
Recuperação de Áreas Degradadas	M	MP	M	MP	A	CP	M	MP
Compensação Ambiental	M	MP	M	MP	M	MP	M	MP
Utilização de Agregado Reciclado	M	MP	A	CP	M	MP	M	MP
Medidas de Redução de RCC em PGRCC	A	CP	M	MP	M	MP	M	M
Medidas de Redução de RCC em obras municipais	M	MP	M	MP	A	CP	A	CP
Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos	A	CP	A	CP	A	CP	A	CP
Leis Municipais de RCC	A	CP	A	CP	A	CP	A	CP
Plano Municipal de Gestão de RCC	A	CP	A	CP	A	CP	A	CP

Tabela 4 Avaliação da disponibilidade e qualidade dos dados (cont.)

	Santa Rita do Sapucaí		Pouso Alegre		Machado		Três Corações	
	A	CP	M	MP	M	MP	M	MP
Plano de Gerenciamento de RCC para os grandes geradores	A	CP	M	MP	M	MP	M	MP
Relação valor arrecadado/gasto na gestão de RCC	B	LP	B	LP	B	LP	B	LP
Planejamento dos Recursos	B	LP	B	LP	B	LP	B	LP
Cadastramento de empresas	M	MP	M	MP	M	MP	M	MP
Atendimento as denúncias	M	MP	M	MP	M	MP	M	MP
Programas de avaliação de desempenho	M	MP	M	MP	M	MP	M	MP
Fiscalização do processo de gestão	M	MP	M	MP	M	MP	M	MP
Programas de capacitação para trabalhadores	M	MP	A	CP	M	MP	M	MP
Utilização de mão-de-obra capacitada	M	MP	A	CP	M	MP	M	MP
Educação Ambiental	A	CP	M	MP	A	CP	A	CP
Programas de sensibilização específicos sobre a GRCC	A	CP	M	MP	M	MP	M	MP
Participação do Setor Público	A	CP	A	CP	A	CP	A	CP
Participação do Setor Privado	A	CP	A	CP	A	CP	A	CP
Participação da População	A	CP	A	CP	A	CP	A	CP
Canais de comunicação	M	MP	M	MP	M	MP	M	MP
Sistema de satisfação dos Usuários	M	MP	M	MP	M	MP	M	MP
Inclusão do Setor Informal	A	CP	A	CP	A	CP	M	MP
Acesso da população de baixa renda	A	CP	A	CP	A	CP	M	MP

Como a maior parte dos dados obtidos apresentou alta ou média qualidade e estavam disponíveis em curto ou médio prazo foi possível o cálculo do IGRCC. Em Santa Rita do Sapucaí, 49% dos subcritérios poderiam ser calculados com dados de alta qualidade, 41% de média e 10% de baixa qualidade. Estavam disponíveis em curto prazo 49% dos dados, 47% em médio prazo e 4% em longo prazo.

No município de Pouso Alegre 57% dos dados apresentavam alta qualidade, 33% média e 10% baixa qualidade. Poderiam ser obtidos em curto prazo 57% dos dados, 39% em médio prazo e 4% em longo prazo. Já em Machado 35% dos dados eram de alta qualidade, 55% de média qualidade e 10% de baixa qualidade. Poderiam ser coletados em curto prazo 35% dos dados, 61% em médio prazo e 4% em longo prazo. Por fim, em Três Corações 31% dos dados apresentam alta qualidade, 61% média qualidade e 8% baixa qualidade. Foi possível obter 31% dos dados em curto prazo, 65% em médio prazo 4% em longo prazo.

A aplicação do índice foi considerada possível, porém a coleta de dados enfrentou uma série de dificuldades. As principais foram: ausência de dados quantitativos referentes à

GRCC, receio das prefeituras e empresas em compartilhar informações relevantes para a aplicação do índice, falta de informações documentadas, não atuação conjunta dos diferentes agentes responsáveis pela gestão e falta de conhecimento sobre as exigências legais.

Os subcritérios Relação valor arrecadado/gasto na gestão de RCC e Planejamento dos Recursos não puderam ser quantificados em nenhum município estudado. Isto porque não existia o planejamento ou o acompanhamento dos gastos relacionados especificamente com a GRCC. Os representantes dos departamentos financeiros consultados alegaram que os gastos relacionados aos RCC são contabilizados dentro dos gastos com limpeza pública. Tal fato inviabilizou o cálculo do critério econômico.

4.4 Municípios estudados: Santa Rita do Sapucaí

Santa Rita do Sapucaí é um município de pequeno porte localizado na Mesorregião do Sul e Sudeste de Minas Gerais, com uma população estimada de 42.324 habitantes. Santa Rita se destaca economicamente pela expressão nacional de sua indústria eletrônica, escolas e agropecuária (IBGE, 2017). O município é conhecido nacionalmente como Vale da Eletrônica, devido a importância nacional de sua indústria eletrônica (SANTA RITA DO SAPUCAÍ, 2015).

No que se refere à limpeza pública e gestão de resíduos sólidos, de acordo com o Diagnóstico do Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos, o município apresenta uma legislação mínima em relação a GRS. Não existem diretrizes adequadas que regulamentem os serviços de limpeza pública e sua fiscalização, nem leis destinadas aos resíduos enquadrados como especiais, dentre eles os RCC (SANTA RITA DO SAPUCAÍ, 2015). Porém, a participação do município em um consórcio viabiliza a disposição ambientalmente adequada de seus rejeitos (SANTA RITA DO SAPUCAÍ, 2015).

No que se refere à GRCC, a coleta destes resíduos está a cargo da Secretaria de Obras, o serviço de coleta é realizado a partir da solicitação da população e não é cobrada nenhuma taxa por este serviço. Embora a população possa solicitar gratuitamente a retirada dos RCC, é comum a prática de disposição irregular e não existe nenhuma penalidade para tal infração. A distribuição dos funcionários para a execução dos serviços relacionados à GRCC não é exclusiva, o que pode ser prejudicial à gestão (SANTA RITA DO SAPUCAÍ, 2015).

Segundo o Diagnóstico do Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (2015), uma prática que se destaca em termos de GRCC é o reaproveitamento de resíduos. De acordo com este documento, os resíduos considerados adequados para a pavimentação são

destinados à recuperação de estradas rurais. O restante dos resíduos é destinado a uma área de “bota fora” localizada dentro do município.

4.4.1. Diagnóstico da GRCC em Santa Rita do Sapucaí

Por meio do contato com as empresas e com a prefeitura foi possível entender o funcionamento da GRCC em Santa Rita do Sapucaí. No município não existe a estimativa do total de resíduos gerados e nem a classificação dos mesmos.

Os resíduos são separados visando à reutilização e a redução de custos em novas construções. Neste sentido, madeiras, telhas, tijolos, canos, dentre outros materiais que podem ser reutilizáveis são separados dos demais. Vale ressaltar que esta separação acontece por questões econômicas, não havendo, portanto, incentivos da administração local ou preocupações ambientais. A Figura 11 mostra uma área de armazenamento de materiais passíveis de reutilização que pertence a uma pequena construtora.



Figura 11 Área de armazenamento de RCC em Santa Rita do Sapucaí

Segundo informações da prefeitura, os pequenos geradores podem solicitar ao município a coleta dos RCC por eles gerados. No entanto, as visitas realizadas em pequenas obras mostrou que, na prática, estes são obrigados a contratarem caçambas para realizarem a coleta. O custo do aluguel das caçambas acaba levando os pequenos geradores a práticas de disposição irregular em vias públicas (Figura 12).



Figura 12 Área de disposição irregular de RCC em Santa Rita do Sapucaí

A empresa de coleta de RCC visitada recolhe os materiais por meio da contratação da caçamba. Após a coleta os resíduos são separados em dois grupos: os que apresentam valor econômico (materiais que podem ser revendidos ou reaproveitados) e os que não possuem mais valor comercial. Os materiais que não podem ser comercializados são depositados na área de “bota fora” (Figura 13). Os equipamentos de coleta, armazenamento e transporte da empresa não seguem os padrões propostos pelas diretrizes vigentes. Tal fato se deve, principalmente, a falta de conhecimento dos funcionários e empresários do setor, visto que nenhum dos participantes do estudo recebeu capacitação sobre RCC.

A prefeitura de Santa Rita do Sapucaí já recebeu multas e penalizações devido ao funcionamento e utilização da área de “bota fora”. Isto porque a área se localiza em uma região de proteção ambiental, na qual existe um curso d’água. Desde as punições, o município foi obrigado a realizar ações de recuperação e compensação ambiental. Porém, as visitas mostraram que a disposição irregular ainda é prática comum e não foi observada nenhuma medida de recuperação da área. Percebeu-se a presença de catadores informais não regularizados pela prefeitura, estes coletavam os resíduos sem a utilização de nenhum equipamento de segurança.



Figura 13 Área de “bota fora” de Santa Rita do Sapucaí.

Em termos de reutilização de RCC, observou-se que a prefeitura aproveita os resíduos para manutenção de estradas rurais. Na Figura 14, funcionários da prefeitura realizam o nivelamento de uma estrada rural com RCC. Esta prática é comum, pois materiais reutilizados são mais baratos que matérias primas virgens.



Figura 14 Reutilização de RCC em Santa Rita do Sapucaí
Fonte: Moradores do município.

4.5 Municípios estudados: Pouso Alegre

Pouso Alegre é um município de médio porte localizado na Mesorregião Sul e Sudeste de Minas Gerais possui uma população estimada pelo IBGE (2017) de 147.137 habitantes. A economia do município se destaca pela presença de empresas de logística e

centros de distribuição, visto sua localização privilegiada às margens da Rodovia Fernão Dias. O município é referência em termos de serviços de saúde e comércio, atraindo os moradores de cidades vizinhas. A agricultura também apresenta um papel de destaque, Pouso Alegre é o segundo maior produtor de morango de Minas Gerais (IBGE, 2017).

Em termos de gestão de resíduos, Pouso Alegre encaminha seus resíduos para um aterro sanitário existente no município (SINIR, 2017). A Lei Municipal 5.335/2013 dispõe sobre o Sistema de Coleta Seletiva de Resíduos Sólidos Urbanos Recicláveis e Reutilizáveis, inclusão social e econômica dos Catadores de Materiais Recicláveis e sobre a criação de um Sistema de Logística Reversa (POUSO ALEGRE, 2013).

A GRCC deve obedecer às diretrizes da Lei Municipal nº 4527/2006, que prevê que os RCC e os resíduos volumosos não deverão ser dispostos em áreas de “bota fora”, encostas, corpos d’água, lotes vagos, vias públicas e áreas protegidas por Lei. Propõe, ainda, a criação de um Sistema de Gestão Sustentável e institui o Plano Integrado de Gerenciamento de Resíduos de Construção Civil, cujo objetivo é facilitar a disposição correta e a ação dos agentes envolvidos (POUSO ALEGRE, 2006).

4.5.1 Diagnóstico da GRCC em Pouso Alegre

Segundo informações fornecidas pela prefeitura, o município não apresenta estimativas do total de RCC gerados. A usina de reciclagem, por sua vez, estima que chegam a sua unidade de processamento um volume de 150 m³ de RCC por dia. Este volume representa somente os resíduos coletados por cinco das quinze empresas de coleta que existem em Pouso Alegre e não considera os resíduos gerados pelos pequenos geradores. As empresas de coleta não realizam a classificação dos RCC, mas estimam que 70% do volume coletado é composto por madeira (classe B). Esta classificação também não é realizada para os resíduos sob a responsabilidade da prefeitura.

Sobre a coleta e transporte de RCC, foi possível verificar que a condição dos mesmos varia de acordo com a empresa de coleta. Algumas apresentam veículos e caçambas novos, enquanto outras não apresentam equipamentos de coleta e transporte em condições adequadas. Mesmo nas empresas que possuíam equipamentos novos, os resíduos não eram transportados ou acondicionados conforme prevê as diretrizes vigentes. Nenhuma das empresas registra a quantidade, característica e origem dos RCC coletados.

A Figura 15 mostra equipamentos de coleta e transporte de RCC em Pouso Alegre. Nela se observa as caçambas e os veículos utilizados por empresas e é possível verificar que

os trabalhadores não utilizam equipamentos de segurança necessários para realizarem suas funções.



Figura 15 Empresa de Coleta de RCC em Pouso Alegre.

A usina de reciclagem de RCC instalada no município é licenciada por órgãos públicos para sua operação. A instalação da usina aconteceu por uma iniciativa privada e sem financiamento ou incentivos do poder público. De acordo com as informações fornecidas pela usina, os agregados reciclados por ela produzidos são vendidos por um preço 50% menor que agregados virgens. Os materiais reciclados são consumidos pela prefeitura e empresas privadas para serem utilizados, principalmente, em calçamentos.

Os resíduos que chegam para reciclagem na usina não são previamente separados e é comum que resíduos como restos de poda, galhos de árvores, embalagens de tintas, lâmpadas e pilhas sejam encontrados nas caçambas. Tais materiais devem apresentar uma destinação própria, como previsto por Lei. Os resíduos de poda e galhos devem ser enviados para a compostagem, as embalagens de tinta, lâmpadas e pilhas devem sofrer um processo de LR e assim receberem uma destinação adequada. Desta forma, fica evidente que quando o fluxo reverso de determinados materiais não é estruturado e executado de forma correta, pode influenciar negativamente na eficiência do funcionamento da cadeia reversa de outros setores.

Este fato também indica que os geradores de RCC não estão realizando a separação dos resíduos na origem. Foi observado que os funcionários das construtoras e os pequenos geradores não possuem conhecimento para esta separação. Outro fator que dificulta a

separação dos RCC na origem é que não existem ações de fiscalização sobre o cumprimento das leis vigentes.

A usina de reciclagem apresenta parceria com catadores informais, não pertencentes à Associação instalada no município e não regularizados pela prefeitura. Estes trabalhadores coletam resíduos como plástico, papel e papelão que chegam à usina e revendem para atravessadores e empresas de reciclagem.

Na Figura 16 é apresentada a esteira de trituração de RCC em operação na usina de reciclagem.



Figura 16 Usina de Reciclagem de RCC em Pouso Alegre

A destinação final dos RCC em Pouso Alegre se mostrou um grande desafio, tanto para prefeitura quanto para o setor privado. Os resíduos que sobram do processo de reciclagem são encaminhados para terceiros que fazem o aterramento de tais materiais. Foi observado que este aterramento é totalmente irregular e consiste na abertura de buracos no solo e preenchimento destes com os rejeitos oriundos da usina de reciclagem. É comum ainda a prática de disposição de RCC no solo, sem nenhum tratamento. Esta prática acontece principalmente pelos pequenos geradores e pelas 10 empresas de coleta de RCC que não encaminham seus resíduos para a usina de reciclagem.

Vale ressaltar, que o município não respeita as diretrizes estabelecidas pela Lei Municipal 4.527/2006 que determina: a criação de um disque coleta para pequenos volumes, uma rede de áreas para recepção de grandes volumes, a criação de ações para a informação e

educação ambiental para os habitantes, transportadores e instituições sociais, além de medidas de controle e fiscalização do conjunto de agentes envolvidos.

4.6 Municípios estudados: Machado

Machado é um município de pequeno porte que se localiza na Mesorregião Sul e Sudeste de Minas Gerais, possui uma população estimada pelo IBGE (2017) de 41.920 habitantes. A economia está fortemente ligada à cafeicultura, o que garante destaque do município frente à agricultura nacional.

No que se refere à GRS, o município promulgou a Lei 1.526/2003, esta dispõe sobre a Coleta Seletiva de Lixo. A Lei 1.526/2003 diz que os entulhos provenientes de construções que forem recolhidos pela Prefeitura ou por empresas particulares deverão ser encaminhados às Associações ou Cooperativas que trabalham com materiais recicláveis (MACHADO, 2003). A Lei Municipal nº 1.478/2002, dispõe sobre o licenciamento de empresas prestadoras dos serviços de coleta de entulho provenientes de construções e reformas e autoriza a utilização de vias públicas para a colocação de caçambas (MACHADO, 2002).

4.6.1 Diagnóstico da GRCC em Machado

A partir do contato com a prefeitura e empresas foi possível entender o funcionamento da GRCC em Machado. Assim como em Santa Rita do Sapucaí e Pouso Alegre, o município não apresenta medidas de quantificação dos RCC gerados. Mesmo as empresas do setor privado não fazem tal estimativa. Os resíduos não são classificados ou acondicionados segundo as diretrizes da Resolução Conama.

No que se refere à separação em áreas de transbordo e triagem, esta ocorre devido a empresas de coleta que separam os resíduos que podem ser vendidos dos demais. Esta separação não segue as diretrizes legais, ela ocorre pelas possibilidades econômicas que envolvem a venda de determinados materiais. Não existem preocupações ambientais ao realizarem a separação.

Sobre a destinação final dos RCC, estes são enviados para áreas de “bota fora” irregulares ou terrenos vazios. Esta destinação não é supervisionada pela administração municipal, que admitiu não ter controle sobre a disposição final dos RCC. Não foram identificadas medidas de reciclagem ou beneficiamento, apenas a reutilização de materiais que ainda podem ser utilizados em outras obras.

No que se refere ao transporte, tanto o município quanto as empresas privadas alegam que todas as viagens planejadas são executadas. Porém o transporte não acontece segundo as exigências das diretrizes legais. Os veículos apresentam condições de uso satisfatórias, mas não são veículos novos e muitas vezes não são apropriados para o transporte de RCC.

Machado apresenta medidas de recuperação e compensação ambiental na área na qual era instalado o antigo lixão e que também recebia resíduos provenientes da construção civil. Porém, não foram identificadas práticas sustentáveis no município, como a utilização de agregados reciclados e incentivos à redução da quantidade gerada em obras públicas ou privadas.

Existem leis municipais sobre GRCC, porém o município não apresenta Plano de Gestão de RCC ou fiscalização da elaboração dos PGRCC pelos grandes geradores. Em termos econômicos, os gastos municipais relacionados à GRCC estão inseridos dentro dos gastos de limpeza pública.

No município, existem ações de educação ambiental para a população, porém não foram identificadas medidas específicas em relação aos RCC. As empresas e o município não apresentavam capacitação de seus funcionários em relação à GRCC.

4.7 Municípios estudados: Três Corações

Três corações é um município de médio porte que se localiza na Mesorregião Sul e Sudeste de Minas Gerais. Sua população estimada pelo IBGE (2017) é de 78.999 habitantes.

Sobre a GRS, o município apresenta um programa de coleta seletiva implantado desde 2011. O programa é denominado TC Recicla. Os resíduos são separados em duas categorias: lixo seco e lixo molhado. Os secos são enviados para a Associação de Catadores de Materiais Recicláveis de Três Corações (ACAMTC), que realiza a triagem, prensagem, enfardamento e venda dos materiais recicláveis. Os demais resíduos são encaminhados para o aterro sanitário que existe no município (TRÊS CORAÇÕES, 2017).

No que se refere à GRCC, o município apresenta a Lei nº 3.510/2009 que prevê a Criação da Central de Reciclagem e Distribuição de resíduos sólidos de Mineradoras, Extratoras de Pedras e Resíduos de Construção, Demolições de Prédios e Edificações. Segundo esta Lei, compete ao gerador a responsabilidade do acondicionamento, tratamento e disposição final ambientalmente adequada e cabe ao poder Executivo providenciar, através da Secretaria Municipal de Obras, local próprio e adequado para o manejo e armazenamento dos materiais coletados (TRÊS CORAÇÕES, 2009).

4.7.1 Diagnóstico da GRCC em Três Corações

O contato com empresas de coleta e construtoras ocorreu via telefone, pois assim como em Machado, as empresas não estavam disponíveis para receberem visitas dos pesquisadores. A partir deste contato foi possível compreender como ocorre a GRCC no município e obter os dados necessários para a medição dos subcritérios do IGRCC.

No que se refere à quantificação dos RCC, não existe a estimativa do total gerado. A ausência de estimativas sobre a quantidade de RCC influencia diretamente na eficiência das outras etapas do gerenciamento destes resíduos. As etapas de classificação, separação e acondicionamento e coleta de RCC não ocorrem como previsto pelas diretrizes vigentes.

Em relação ao transporte, segundo as informações obtidas, este é eficiente e as condições dos veículos são satisfatórias. Os veículos pertencentes ao município são novos e segundo as empresas seus veículos não são novos, mas estão em boas condições para uso. Vale ressaltar que sobre o subcritério eficiência de transporte, o município declarou acompanhar o número de viagens executadas em relação ao total de viagens programadas. Esta eficiência, segundo o município é de 60%.

Não foram identificadas medidas de beneficiamento e reciclagem de RCC em Três Corações. Porém, por questões econômicas, tanto o setor privado, quanto a administração pública, busca reutilizar materiais que estão em boas condições. Vale ressaltar que tal prática não ocorre devido a preocupações ambientais e sim por razões financeiras.

No que se refere à disposição final, os RCC são depositados em uma área de “bota fora” pertencente ao município. Esta área, segundo informações da prefeitura, é licenciada. Porém, com a visita a área ficou evidente que esta não está totalmente regular. Nesta área são depositados erroneamente resíduos de poda (Figura 17) e outros materiais que deveriam receber outras destinações. A disposição dos resíduos nas ruas do município também é prática comum (Figura 18). Esta disposição acontece principalmente pelos pequenos geradores, que destinam seus resíduos à coleta municipal. Porém este serviço pode demorar alguns dias. Neste período os RCC causam transtorno para os moradores, que os descartam em vias públicas.



Figura 17 Área de Bota Fora em Três Corações

O município também apresenta medidas de recuperação e compensação ambiental, mas não foram identificadas práticas sustentáveis inseridas na GRCC. Em termos de legislação o município apresenta Plano de Gestão de Resíduos Sólidos e Leis sobre RCC. No entanto, não apresentam Plano Municipal de Gestão de RCC e diretrizes para os grandes geradores elaborarem o Plano de Gerenciamento de RCC.



Figura 18 Disposição irregular de RCC em Três Corações
Fonte: Moradores de Três Corações

Em relação à institucionalidade municipal da GRCC, ficou evidente que a prefeitura não apresenta estrutura suficiente para o planejamento da gestão. As atividades da administração são fragmentadas em diferentes departamentos que não atuam em consonância,

problema também identificado nos outros municípios. Outro fator que prejudica a GRCC é a falta de planejamento econômico.

Três Corações apresenta ações de educação ambiental, porém, não existem campanhas de sensibilização sobre os RCC e nem capacitação e utilização mão-de-obra capacitada em relação ao gerenciamento de resíduos. A inclusão do setor informal não está presente na GRCC, mas já acontece na gestão de resíduos sólidos domésticos.

4.8 Análises dos resultados do IGRCC nos municípios

Após o levantamento dos dados e o diagnóstico da GRCC nos municípios foi possível atribuir os *scores* para cada subcritério avaliado (Tabela 5). Na tabela 5 são marcados em vermelho os subcritérios que não tinham dados para serem medidos, de amarelo os que receberam *score* 0 e de verde os que receberam *scores* acima de 0,5.

Em Santa Rita do Sapucaí não foi possível à medição de três subcritérios: Condições Sanitárias das Unidades de GRCC, Relação entre o valor arrecadado e o valor gasto na GRCC e Planejamento de Recursos. Já em Pouso Alegre não foram medidos quatro subcritérios: Eficiência da Coleta, Condição Sanitária das unidades de GRCC, Relação valor arrecadado e gasto na GRCC e Planejamento dos Recursos. No município de Machado não foram medidos os subcritérios: Localização das ATT, Condição Sanitária das unidades de Gestão de RCC, Relação valor arrecadado e gasto na GRCC, Planejamento dos Recursos. Por fim, em Três Corações não foram medidos três subcritérios: Condição dos recipientes, Relação valor arrecadado e gasto na GRCC e Planejamento dos Recursos.

Tabela 5 *Scores* dos subcritérios por município

Subcritério	Scores dos municípios			
	Santa Rita do Sapucaí	Pouso Alegre	Machado	Três Corações
Estimativa dos RCC gerados	0	0	0	0
Classificação dos RCC	0	0	0	0
Separação na origem	0,5	0	0	0
Separação em ATT	0,5	0,5	0,5	0
Acondicionamento por Classe	0,5	0	0	0
Condição dos recipientes	0	0,5	0,5	INDISPONÍVEL
Localização das ATT	0,5	0,5	INDISPONÍVEL	0,5
Abrangência da Coleta	0,5	0,5	0,5	1
Eficiência da Coleta	1	INDISPONÍVEL	1	1
Eficiência do Sistema de Transporte	1	1	1	0,6
Condições dos Veículos	0,5	0,5	0,5	0,5
Condição do Transporte	0	0	0	0

Tabela 5 Scores dos subcritérios por município (cont.)

Subcritério	Scores dos municípios			
	Santa Rita do Sapucaí	Pouso Alegre	Machado	Três Corações
Beneficiamento	0	0,5	0	0
Reciclagem	0	0,5	0	0
Reutilização	0,5	0,5	0,5	0,5
Destinação por Classe	0,5	0,5	0	0
Presença de aterros de RCC	0	0	0	0
Áreas Irregulares	0	0	0	0
Licenciamento de áreas	0,5	0,5	0	0,5
Condição Sanitária das unidades de Gestão de RCC	INDISPONÍVEL	INDISPONÍVEL	INDISPONÍVEL	0,5
Fiscalização e Monitoramento	1	0,5	1	0,5
Recuperação de Áreas Degradadas	0,5	0,5	1	0,5
Compensação Ambiental	1	0	1	0,5
Utilização de Agregado Reciclado	0	0,5	0	0
Medidas de Redução de RCC em PGRCC	0	0	0	0
Medidas de Redução de RCC em obras municipais	0	0	0	1
Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos	0,5	0,5	0	1
Leis Municipais de RCC	0	1	1	1
Plano Municipal de Gestão de RCC	0	0,5	0	0
Plano de Gerenciamento de RCC para os grandes geradores	0	0,5	0	0
Relação valor arrecadado/gasto na gestão de RCC	INDISPONÍVEL	INDISPONÍVEL	INDISPONÍVEL	INDISPONÍVEL
Planejamento dos Recursos	INDISPONÍVEL	INDISPONÍVEL	INDISPONÍVEL	INDISPONÍVEL
Formação da equipe responsável pela gestão	0	0	0,5	0,5
Grau de Institucionalidade	0	0,5	0,5	0,5
Cadastramento de empresas	0	0	0	0
Atendimento as denúncias	1	1	1	0,2
Programas de avaliação de desempenho	0	0	0	0
Fiscalização do processo de gestão	0,5	0,5	0,5	0,5
Programas de capacitação para trabalhadores	0	0	0	0
Utilização de mão-de-obra capacitada	0	0	0,5	0
Educação Ambiental	1	1	1	1
Programas de sensibilização específicos sobre a GRCC	1	0	0	0
Participação do Setor Público	1	1	1	1

Tabela 5 Scores dos subcritérios por município (cont.)

Subcritério	Scores dos municípios			
	Santa Rita do Sapucaí	Pouso Alegre	Machado	Três Corações
Participação do Setor Privado	1	1	1	1
Participação da População	1	1	1	1
Canais de comunicação	1	0,5	0,5	1
Sistema de satisfação dos Usuários	0,5	1	1	0,5
Inclusão do Setor Informal	0	0,5	0,5	0
Acesso da população de baixa renda	0,5	0,5	1	0,5

Os resultados da aplicação do IGRCC são avaliados através de uma escala que classifica a Gestão como: eficiente (para IGRCC maior que 0,8), mediana (IGRCC entre 0,5 e 0,8) e ineficiente (IGRCC menor que 0,5). Esta mesma avaliação é válida para os IGRCC setoriais de cada grupo e para o IGRCC global. Ao analisar os resultados do IGRCC nos gráficos apresentados a seguir, a tabela 5 deve ser consultada para melhor entendimento dos do desempenho dos municípios no índice.

Os resultados para o IGRCC setorial do Grupo Operacional são apresentados na Figura 19. Em Santa Rita do Sapucaí a gestão dos aspectos operacionais foi considerada ineficiente (IGRCC setorial de 0,31). O baixo desempenho do município é justificado pela ausência de práticas como quantificação e identificação dos RCC conforme previstos por legislações federais. A disposição irregular também afetou o desempenho do Grupo Operacional. Pouso Alegre, Machado, Três Corações também obtiveram baixos desempenhos em relação ao IGCC do Grupo Operacional obtendo os valores: 0,30; 0,19 e 0,21, respectivamente.

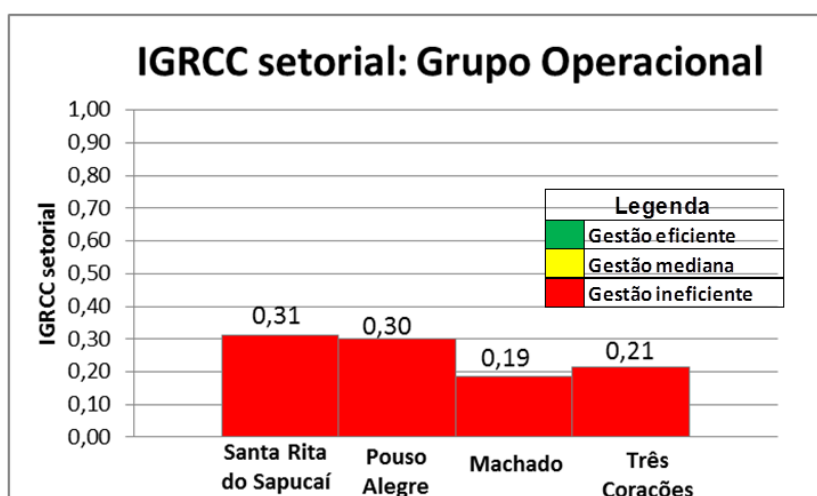


Figura 19 Resultados do IGRCC: Grupo Operacional

Para um melhor desempenho neste grupo, os municípios devem realizar a quantificação, identificação e classificação RCC gerados. Com um maior conhecimento sobre as características dos resíduos gerados é possível realizar o melhor planejamento das etapas necessárias para a correta destinação dos RCC.

No que se refere ao IGRCC setorial em relação ao Grupo Ambiental (Figura 20), ambos os municípios obtiveram um baixo desempenho e foram classificados como ineficiente: 0,47 (Santa Rita do Sapucaí), 0,39 (Pouso Alegre), 0,44 (Machado) e 0,44 (Três Corações). Estes resultados são justificados pela ausência de práticas sustentáveis como medidas de redução de RCC em obras, utilização de áreas não licenciadas e irregulares (principalmente para a disposição final de RCC). Em Santa Rita, Machado e Três Corações a ausência de produção e utilização de agregados recicláveis prejudicaram o desempenho do IGRCC neste setor.

Um maior desempenho no IGRCC setorial do Grupo Ambiental pode ser obtido por meio de incentivos legais e econômicos para a utilização de agregados reciclados pelo setor público e privado e pelos pequenos geradores. O levantamento e o licenciamento das áreas que são utilizadas na GRCC se fazem urgente e necessária para um melhor desempenho dos municípios neste grupo. A elaboração de planos de monitoramento e fiscalização ambiental também é importante para a preservação dos recursos naturais e para manter as condições sanitárias das unidades de GRCC.

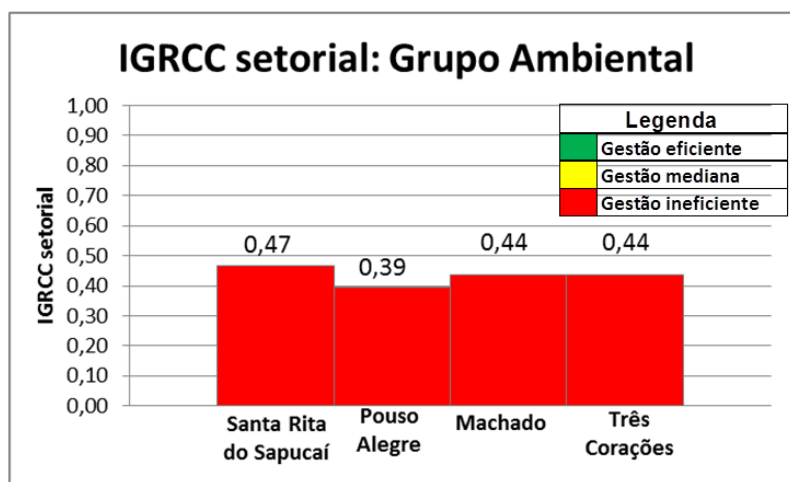


Figura 20 Resultados do IGRCC: Grupo Ambiental.

Os resultados para o IGRCC setorial do Grupo Político-Econômico (Figura 21), também indicaram uma gestão ineficiente dos aspectos considerados neste grupo. Os municípios alcançaram os seguintes valores: 0,22 (Santa Rita do Sapucaí), 0,46 (Pouso Alegre), 0,40 (Machado) e 0,39 (Três Corações). O baixo desempenho se deve a ausência e ao

não cumprimento das leis municipais referentes à GRCC, dos Planos Municipais de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos e PGRCC.

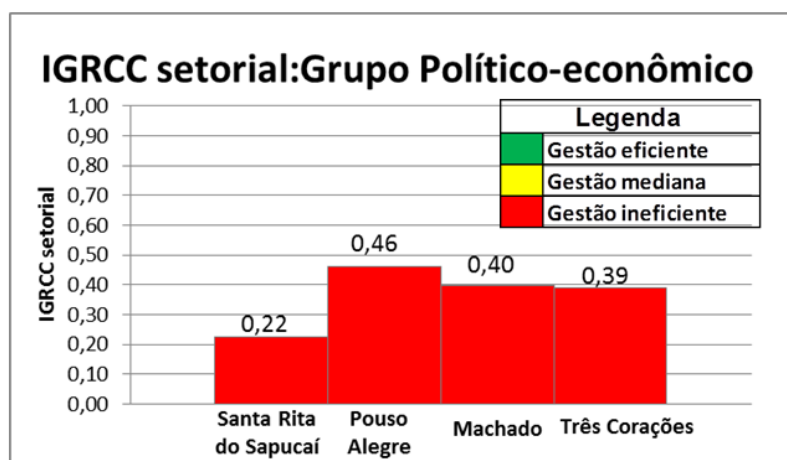


Figura 21 Resultados do IGRCC: Grupo Político-econômico

Para um melhor desempenho dos municípios em relação ao IGRCC do Grupo Político-Econômico é sugerido que os municípios proponham leis mais atuais que orientem, não somente a GRCC, mas a gestão integrada de resíduos sólidos. Os municípios devem melhorar a estrutura e a equipe e os departamentos responsáveis pela GRCC. Em nenhum município foi encontrada uma equipe capacitada e com responsabilidades claras para administrarem a GRCC. O cadastramento e o acompanhamento das empresas devem passar a ser prática nos municípios. Por fim, é importante que as prefeituras passem a realizar o planejamento financeiro da GRCC. Atualmente não existe o planejamento financeiro e os gastos com os RCC estão inseridos nos de Limpeza Urbana. Esta prática, no entanto, dificulta o acompanhamento dos recursos econômicos destinados a GRCC.

Sobre o Grupo Educacional (Figura 22), o município de Santa Rita do Sapucaí se destacou, alcançando um total de 0,54 e sua gestão foi classificada como mediana. Este desempenho se deve, principalmente, a campanhas relacionadas à educação ambiental e ações para sensibilização da população sobre a GRS. Porém, vale ressaltar que em relação à capacitação de mão-de-obra e campanhas específicas sobre RCC, o município apresenta uma lacuna, o que mostra a necessidade da criação de ações voltadas para a conscientização sobre tais resíduos no município para os trabalhadores do setor.

Os demais municípios, por sua vez, tiveram um baixo desempenho IGRCC setorial do Grupo Educacional e estes aspectos foram classificados como ineficientes: 0,27 (Pouso Alegre), 0,39 (Machado) e 0,27 (Três Corações). Estes resultados são explicados pelo fato que

não existem medidas suficientes de educação ambiental e conscientização sobre a Gestão de Resíduos Sólidos e Resíduos de Construção Civil nos municípios.

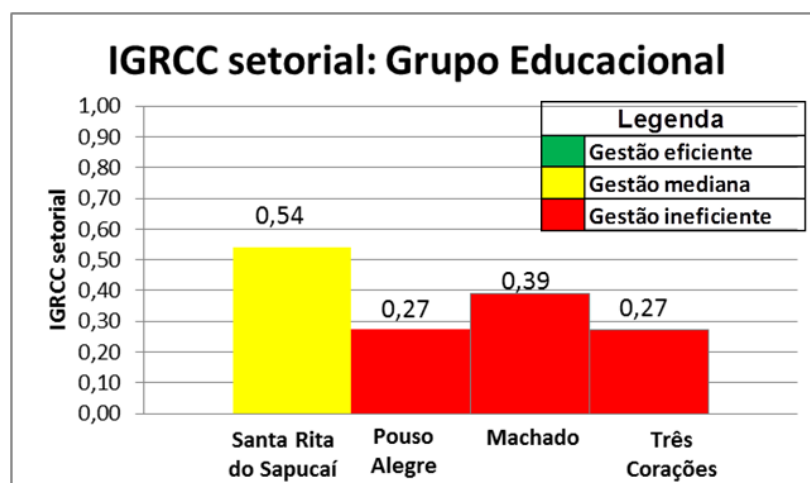


Figura 22 Resultados do IGRCC: Grupo Educacional.

Um melhor resultado neste grupo pode ser obtido por meio da criação de ações e campanhas que busquem a sensibilização da população e a capacitação dos trabalhadores do setor em relação à GRCC.

Em relação ao IGRCC setorial do Grupo Social, os municípios apresentaram um bom desempenho (Figura 23). A gestão dos aspectos considerados neste grupo foi considerada mediana nos seguintes municípios: Santa Rita do Sapucaí (0,71), Pouso Alegre (0,78) e Três Corações (0,71). No município de Machado a gestão foi considerada eficiente (0,86) em relação aos aspectos sociais. No geral estes resultados foram alcançados devido à participação dos setores públicos, privados e da população no processo de gestão. Vale ressaltar que a participação destes não significa que eles estão exercendo suas responsabilidades de maneira eficaz.

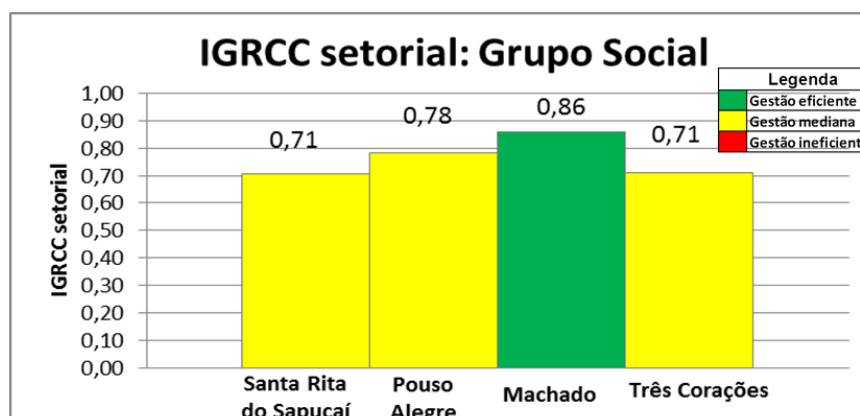


Figura 23 Resultados do IGRCC: Grupo Social

Considerando todos os resultados, foi possível calcular o IGRCC Global (Figura 24), todos os municípios apresentaram um baixo desempenho no IGRCC Global: 0,40 (Santa Rita do Sapucaí); 0,41 (Pouso Alegre); 0,40 (Machado) e 0,37 (Três Corações). Desta forma, as GRCC foram classificadas como ineficiente. Os Sistemas de Gestão apresentaram um resultado semelhante devido à proximidade geográfica que levaram a utilização de práticas parecidas, principalmente no Grupo Operacional.

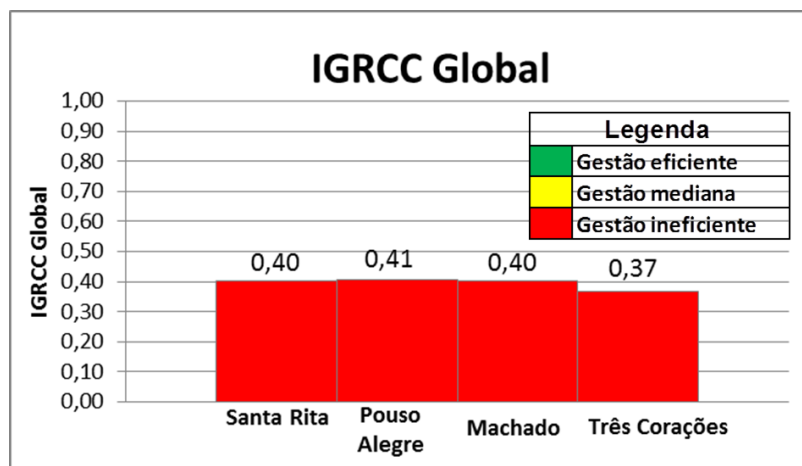


Figura 24 Resultados do IGRCC Global

Dentre as semelhanças destacam-se: ausência de práticas sustentáveis, não planejamento das etapas para o gerenciamento dos resíduos, falta de diretrizes municipais voltadas para a GRCC, inexistência de um planejamento econômico, falta de programas para a capacitação e dos trabalhadores do setor e a necessidade de inserir o setor informal no processo de gestão. A Tabela 6 e a figura 25 apresentam as comparações entre os resultados do IGRCC nos municípios.

Tabela 6 Comparação entre o IGRCC nos municípios.

IGRCC	Grupo Operacional	Grupo Ambiental	Grupo Político-econômico	Grupo Educacional	Grupo Social	Global
Santa Rita do Sapucaí	0,31	0,47	0,22	0,54	0,71	0,40
Pouso Alegre	0,30	0,39	0,46	0,27	0,78	0,41
Machado	0,19	0,44	0,40	0,39	0,86	0,40
Três Corações	0,21	0,44	0,39	0,27	0,71	0,37

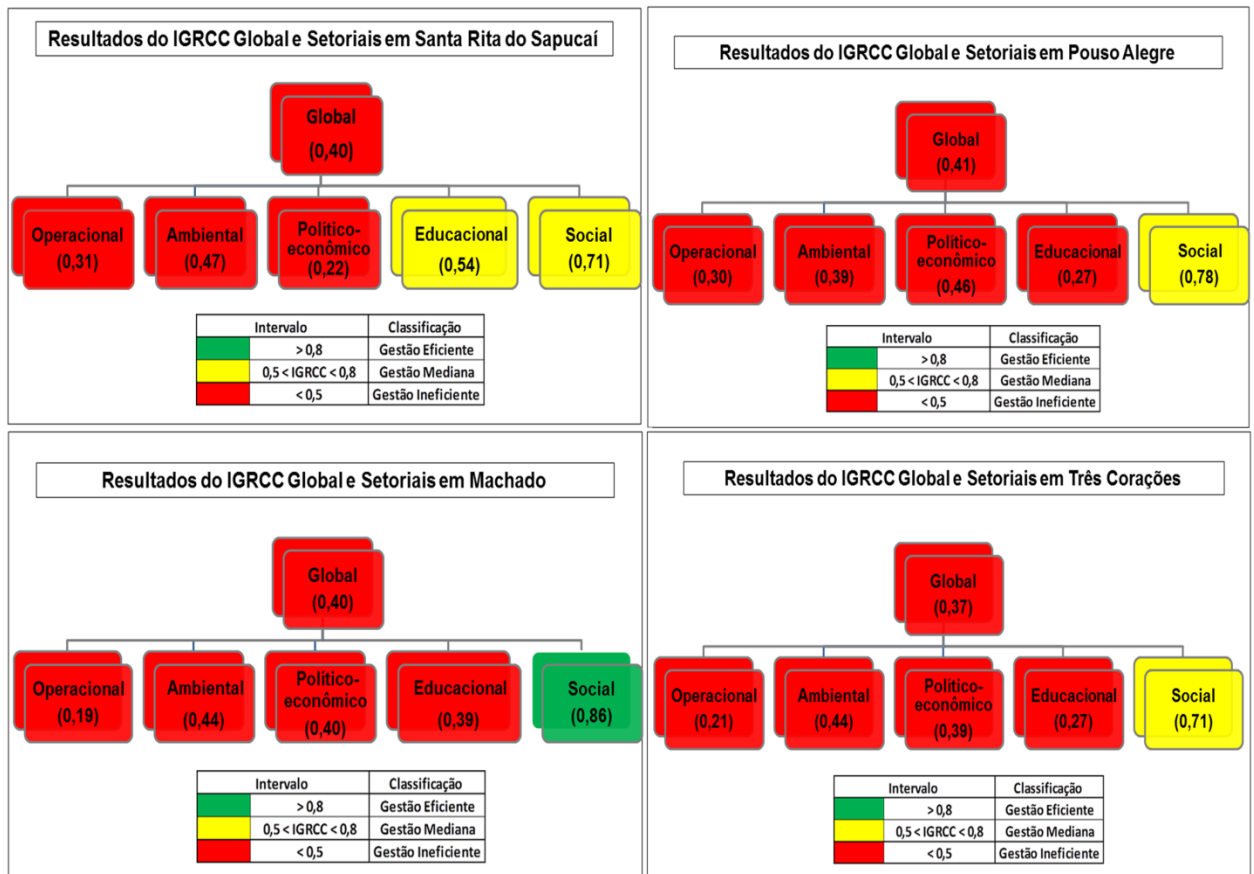


Figura 25 Resultados da aplicação do IGRCC nos municípios

4.9 Análise de sensibilidade

Para avaliar o impacto de melhorias nos *scores* de determinados subcritérios (melhorias pontuais) nos resultados do índice, ou seja, verificar o que aconteceria em relação ao IGRCC Global e setorial se um determinado subcritério que obteve baixo desempenho ou que não pode ser calculado recebesse uma melhor pontuação foi desenvolvida uma análise de sensibilidade.

Durante a coleta de dados ficou evidente que o critério econômico (Grupo Político-econômico) era o mais difícil de avaliar e não foi possível medir seus subcritérios (Relação valor arrecadado/gasto na gestão de RCC e Planejamento de Recursos) em nenhum dos municípios estudados. Desta forma, o critério econômico foi considerado o mais crítico dentre todos que compõe o IGRCC. A análise de sensibilidade foi feita a partir da proposição de três cenários relacionados a melhores *scores* no critério econômico:

- 1. Cenário 1:** Foi atribuído *score* 1 para o Subcritério Relação valor arrecadado/gasto na gestão de RCC.
- 2. Cenário 2:** Foi atribuído *score* 1 para o Subcritério Planejamento de Recursos.

3. Cenário 3: Foi atribuído *score* 1 para os Subcritérios Relação valor arrecadado/gasto na gestão de RCC e para Planejamento de Recursos

Os resultados mostram que ao atribuir a pontuação máxima aos subcritérios citados há uma elevação no IGRCC global e do IGRCC do Grupo Político-econômico. Em todos os municípios os resultados indicaram que a gestão dos aspectos Político-econômicos era ineficiente (resultado inferior a 0,5 no IGRCC setorial do Grupo Político-econômico), ao atribuir *score* 1 a um ou aos dois subcritérios do critério econômico a gestão do Grupo Político-econômico passa a ser mediana em Pouso Alegre, Machado e Três Corações. Ao considerar o IGRCC Global, mesmo não alterando a classificação da gestão (o IGRCC global continuou a ser menor que 0,5 em todos os municípios) houve um aumento no valor do índice o que indica melhoria na GRCC.

Em Santa Rita do Sapucaí (Figura 26), o IGRCC do Grupo Político-econômico aumentou de 0,22 para 0,28 nos cenários 1 e 2 e para 0,40 no cenário 3. O IGRCC global teve uma variação positiva de 5%, passando de 0,40 para 0,42 (cenários 1 e 2). No cenário 3 a variação foi de 12,5% e o IGRCC global passou de 0,40 para 0,45.

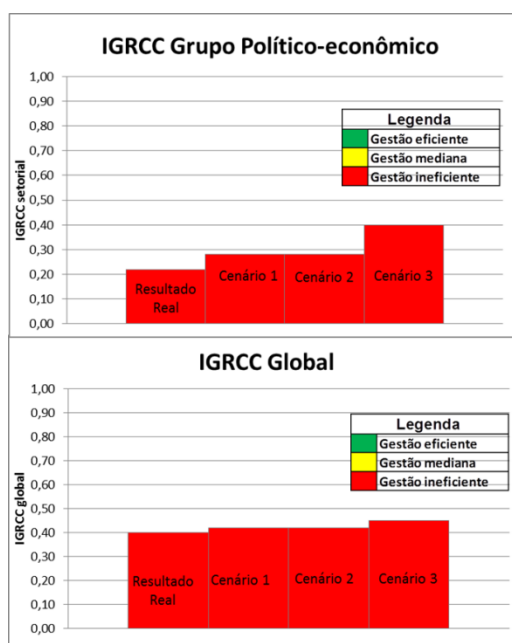


Figura 26 Análise de sensibilidade: Santa Rita do Sapucaí

No município de Pouso Alegre (Figura 27), o IGRCC do Grupo Político-econômico passou de 0,46 para 0,44 nos cenários 1 e 2, essa redução se deve a redistribuição dos pesos dos demais critérios do grupo pela inserção dos subcritérios econômicos no cálculo do índice. No cenário 3 o IGRCC do grupo passou de 0,46 para 0,56. O IGRCC global teve uma variação positiva de 7% no cenário 3 passando de 0,41 para 0,44.

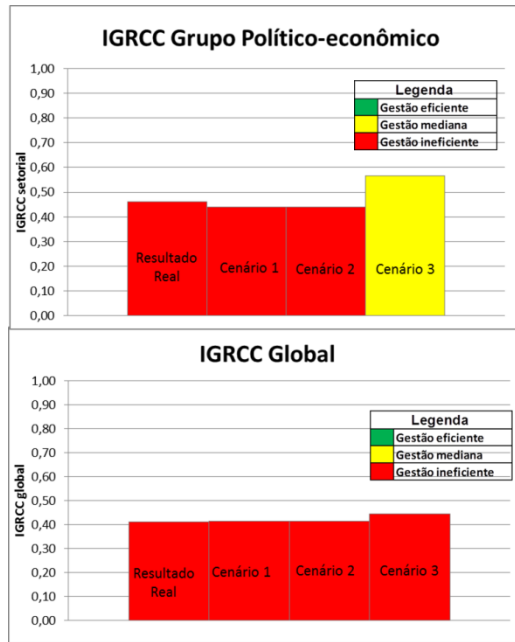


Figura 27 Análise de sensibilidade: Pouso Alegre

Já em Machado (Figura 28), o IGRCC do Grupo Político-econômico se manteve em 0,40 nos cenários 1 e 2. No cenário 3 o IGRCC do setor aumentou de 0,40 para 0,52. Em relação ao IGRCC global houve uma variação positiva de 12,5% no cenário 3 e o índice passou de 0,40 para 0,45.

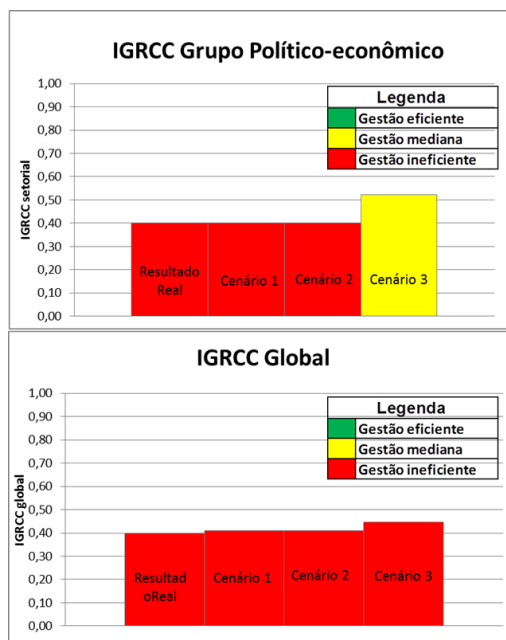


Figura 28 Análise de sensibilidade: Machado

Por fim, em Três Corações (Figura 29), o IGRCC do Grupo Político-econômico se manteve em 0,39 nos cenários 1 e 2. No cenário 3 o IGRCC do setor passou de 0,39 para 0,51. A variação do IGRCC global foi positiva em todos os cenários. Nos cenários 1 e 2

índice global variou 3% passando de 0,37 para 0,38. No cenário 3 esta variação foi de 11% e o índice aumentou de 0,37 para 0,41.

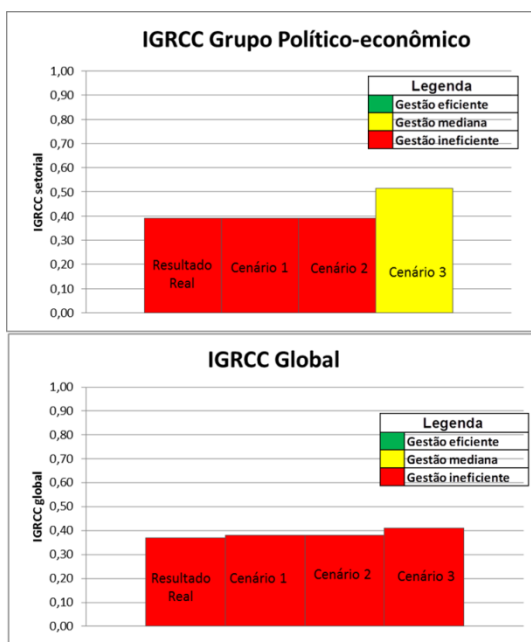


Figura 29 Análise de sensibilidade: Três Corações

O melhor cenário encontrado é o terceiro, em que houve melhoria nos índices globais e setoriais em todos os municípios. Os resultados indicam que melhorias no desempenho de critérios específicos podem levar a um maior desempenho do IGRCC Global e do grupo a que o subcritério pertence. Assim, mesmo com recursos municipais escassos, estes podem ser alocados em determinadas áreas de maior relevância, como as contempladas pelo Grupo Político-econômico (que obteve maior grau de importância segundo os especialistas). Os municípios também podem escolher iniciar as ações de melhoria pelos subcritério mais críticos como os econômicos e, posteriormente, outras ações podem ser realizadas em busca de melhores resultados em todos os indicadores propostos.

4.10 Ações para melhor desempenho no IGRCC

A partir da aplicação do IGRCC nos municípios estudados foi possível listar uma série de ações para que os municípios obtenham melhor desempenho em cada um dos subcritérios, alcançar um melhor resultado no IGRCC e conseqüentemente ter uma gestão mais eficiente. Estas ações foram baseadas nas práticas existentes em municípios modelos e também na observação das principais falhas na GRCC dos municípios estudados. O Quadro 7 apresenta as ações de melhoria para o Grupo Operacional.

Quadro 7 Ações de melhoria: Grupo Operacional

Subcritério	Ação de melhoria
Estimativa dos RCC	Realizar estudos para estimar a quantidade de RCC gerada no município.
Classificação dos RCC	Classificar os resíduos gerados de acordo com as classes propostos pelo Conama.
Separação na origem	Incentivar e educar os geradores a realizarem a separação e classificação dos resíduos dentro dos canteiros de obra.
Separação em ATT	Separar os resíduos de acordo com as classes propostas pelo Conama nas ATT e nos PEVs.
Acondicionamento por Classe	Armazenar os RCC de acordo com a classe a que pertence e incentivar o setor privado a fazer o mesmo.
Condição dos recipientes	Substituir recipientes velhos e que não estejam em condições de uso, utilizar recipientes específicos para a classe do resíduo.
Localização das ATT	Realizar estudos para a escolha dos locais adequados para a instalação de ATT de modo que toda a população tenha acesso.
Abrangência da Coleta	Planejar a coleta e inserir regiões afastadas e zonas rurais no circuito de coleta municipal.
Eficiência da Coleta	Planejar a coleta de modo que esta ocorra com a frequência necessária para que não exista acúmulo de RCC.
Eficiência do Sistema de Transporte	Realizar o planejamento das viagens e executar as viagens dentro do planejado.
Condições dos Veículos	Substituir veículos velhos que não estejam em condições de uso e realizar manutenção dos veículos.
Condição do Transporte de RCC	Incentivar o transporte de RCC de acordo com as normas da ABNT, incentivar a utilização de equipamentos de segurança.
Beneficiamento	Incentivar e implantar medidas de beneficiamento de RCC.
Reciclagem	Incentivar a instalação de usinas de reciclagem de RCC e reciclar os RCC gerados em obras públicas.
Reutilização	Reutilizar RCC em obras públicas e promover doações de materiais em condição de uso como: telhas, portas e janelas.
Destinação por Classe	Destinar os RCC de acordo com sua classificação, incentivar e educar o setor privado a dar destinação final adequada ao RCC.
Presença de aterros de RCC	Criar aterros de RCC ou buscar consórcios municipais para a utilização de aterros de RCC existentes em outros municípios.

As ações de melhorias para indicadas para os subcritérios do Grupo Ambiental são apresentadas no Quadro 8.

Quadro 8 Ações de melhoria: Grupo Ambiental

Subcritério	Ação de melhoria
Licenciamento de áreas	Realizar o levantamento das áreas de GRCC que não são licenciadas e dar início ao processo de licenciamento ambiental.
Condição Sanitária das unidades de Gestão de RCC	Promover ações de limpeza e detetização das áreas usadas na GRCC.
Fiscalização e Monitoramento	Criar equipe especializada para monitorar, fiscalizar a utilização dos recursos naturais e promover ações de fiscalização.
Recuperação de Áreas Degradadas	Promover ações de recuperação e revitalização de áreas degradadas pela disposição irregular de RCC.
Compensação Ambiental	Promover ações de compensação ambiental como o plantio de árvores e preservação de nascentes.
Utilização de Agregado Reciclado	Incentivar o uso de agregados reciclados por meio da redução de impostos, divulgação destes materiais e instalação de usinas para a reciclagem.
Medidas de Redução de RCC em PGRCC	Tornar obrigatório a inserção de medidas de RCC em PGRCC para os grandes geradores.
Medidas de Redução de RCC em obras municipais	Promover medidas de redução de RCC em obras municipais como: demolição seletiva e reaproveitamento de materiais

No Quadro 9 encontram-se as ações de melhorias para Grupo Político-econômico.

Quadro 9 Ações de melhoria: Grupo Político-econômico

Subcritério	Ação de melhoria
Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos	Elaborar e/ou atualizar o Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos.
Leis Municipais de RCC	Elaborar e/ou atualizar as Leis municipais que determinam as ações para a GRCC.
Plano Municipal de Gestão de RCC	Elaborar e/ou atualizar o Plano Municipal de Gestão de RCC.
Plano de Gerenciamento de RCC para os grandes geradores	Elaborar e/ou atualizar as diretrizes para os grandes geradores elaborarem o PGRCC.
Relação valor arrecadado/gasto na gestão de RCC	Quantificar o total gasto e o total arrecadado com a GRCC separadamente dos demais gastos com limpeza pública.
Planejamento dos Recursos	Planejar o total de recursos que serão destinados para a GRCC.
Formação da equipe responsável pela gestão	Formar e capacitar uma equipe de funcionários da prefeitura para planejar e coordenar a execução da GRCC.
Grau de Institucionalidade	Criar estrutura física para que a equipe responsável pela GRCC possa atuar e determinar claramente a função de cada membro da equipe.
Cadastramento de empresas	Realizar o levantamento e cadastramento de empresas que atuam no setor de construção civil.
Atendimento as denúncias	Promover o atendimento das denúncias e quantificar o total de denúncias realizadas e atendidas.
Programas de avaliação de desempenho	Criar programas de avaliação de desempenho do sistema de GRCC como a aplicação do IGRCC.
Fiscalização do processo de gestão	Fiscalizar o processo de gestão: planejamento, recursos, etapas operacionais etc.

As ações de melhorias para os indicadores do Grupo Operacional são apresentadas no Quadro 10.

Quadro 10 Ações de melhoria: Grupo Educacional

Subcritério	Ação de melhoria
Programas de capacitação para trabalhadores	Promover a capacitação dos trabalhadores do setor de construção sobre a GRCC por meio de cursos, panfletos orientativos, palestras etc.
Utilização de mão-de-obra capacitada	Incentivar o setor privado a contratarem trabalhadores que sejam capacitados em relação a GRCC.
Educação Ambiental	Promover a educação ambiental, buscar parcerias com escolas e imprensa local para a criação de campanhas educativas.
Programas de sensibilização específicos sobre a gestão de RCC	Criar campanhas, cartazes e programas informativas para a sensibilização da população sobre os RCC.

O Quadro 11 apresenta as ações de melhorias propostas para um maior desempenho no Grupo Social.

Quadro 11 Ações de melhoria: Grupo Social

Subcritério	Ação de melhoria
Participação do Setor Público	Promover a parceria público-privada para a instalação de usinas de reciclagem, empresas de coleta e utilização de materiais reciclados etc.
Participação do Setor Privado	Investir na reciclagem de RCC em parceria com o poder público.
Participação da População	Incentivar a população a separar, armazenar e destinar corretamente seus RCC.
Canais de comunicação	Criar canais de comunicação e orientação sobre a GRCC: telefones específicos, páginas nas redes sociais, e-mails etc.
Sistema de satisfação dos Usuários	Realizar pesquisa que quantifique o grau de satisfação dos usuários do sistema de GRCC.
Inclusão do Setor Informal	Promover a criação de cooperativas e associações de coletores de RCC.
Acesso da população de baixa renda	Criar meios para que o Sistema de GRCC chegue até a população de baixa renda e baratear materiais reciclados para que estes possam adquirir.

Estas melhorias são propostas para que municípios em que o IGRCC foi aplicado possam ter uma ferramenta de consulta para um melhor desempenho no índice. Os municípios, muitas vezes, se mostram dispostos a melhorarem aspectos relacionados à GRCC, porém não tinham conhecimento e equipe capacitada para elaborar e aplicar melhorias. Tal fato aliado à falta de direcionamento correto de recursos levam os municípios a continuarem estagnados no desenvolvimento do sistema de gestão. Desta forma, seguindo as lista de ações de melhorias é esperado que os municípios consigam obter uma GRCC mais eficaz e sustentável.

5. CONCLUSÕES

Neste capítulo as conclusões referentes ao Índice de Gestão de Resíduos de Construção Civil e sua aplicação serão apresentadas.

5.1 Índice de Gestão Municipal de Resíduos de Construção Civil

Com os estudos realizados para a elaboração do IGRCC, foi possível identificar os principais aspectos que envolvem a Gestão de Resíduos de Construção Civil. Estes aspectos são: aspectos operacionais, ambientais, político-econômicos, educacionais e sociais. Tendo em vista tais aspectos, os indicadores selecionados puderam ser agrupados possibilitando, assim, a hierarquização dos indicadores do IGRCC.

O IGRCC inclui indicadores relacionados a novas práticas de gestão, que nem sempre são difundidas nos municípios brasileiros, como, por exemplo, a adoção de práticas sustentáveis. Isto mostra que a ferramenta poderá ser utilizada pelos municípios brasileiros para avaliar a evolução da GRCC, pois integra aspectos já tradicionais com novos paradigmas relacionados a gestão. Este trabalho aplicou o IGRCC em municípios de pequeno e médio porte, porém, é possível que este seja aplicado em municípios de grande porte.

A escolha do método AHP para a atribuição dos pesos aos grupos e critérios se mostrou eficaz. A utilização do método permitiu identificar quais dos grupos e critérios eram considerados mais relevantes na opinião dos especialistas consultados e obter os fatores multiplicativos usados na formulação do IGRCC.

O grupo de avaliadores consultados contava com representantes do setor público, privado e do meio acadêmico que possuíam diferentes experiências e visões sobre a GRCC. Portanto, constatou-se uma variedade nos julgamentos e opiniões divergentes. Esta variedade pode ser considerada enriquecedora, pois os resultados encontrados consideram diferentes visões sobre a GRCC.

No que se refere ao processo de normalização utilizado, este se mostrou eficaz e possibilitou agrupar subcritérios medidos de forma quantitativa e qualitativa. O método de agregação usado no IGRCC permite a adaptação do modelo e a inserção ou a retirada de subcritérios por meio da redistribuição dos pesos. Portanto, o índice pode ser adaptado de acordo com a disponibilidade dos dados. Tal fato também possibilita a aplicação do índice em diferentes contextos espaciais e temporais.

Uma peculiaridade do IGRCC é que o modelo proposto permite avaliar a gestão de forma global e setorial (relacionada aos grupos propostos), o que possibilita avaliar em qual

grupo se encontram os pontos fortes e fracos da GRCC. Desta forma, a análise setorial permite que os gestores planejem melhorias específicas para aumentar o desempenho das notas de cada grupo e direcionem suas ações em busca de maiores notas setoriais e conseqüentemente no IGRCC global. Identificar os pontos fracos da GRCC também auxilia o município a priorizar ações de melhorias e direcionar os recursos disponíveis de forma eficaz.

5.2 Municípios estudados: coleta de dados e ações de melhoria

Uma vez elaborado o IGRCC foi possível validar o índice por meio da aplicação em municípios de pequeno e médio porte. A primeira etapa relacionada à validação do índice foi a escolha dos municípios que estariam dispostos a participarem do estudo. Nesta etapa, a principal dificuldade encontrada foi a disposição das Prefeituras (principal fornecedora de dados para o cálculo do IGRCC) em aceitar participar do estudo. Ficou evidente que devido a falhas no Sistema de Gestão estas tinham receio de serem penalizadas pela não conformidade da GRCC. Tal fato ressalta a falta de conhecimento do poder público municipal sobre a utilização de índices e indicadores como ferramenta de monitoramento, que podem auxiliar no desenvolvimento do sistema como um todo.

Sobre a viabilidade de aplicação do IGRCC nos municípios, foi feita a avaliação dos dados obtidos para o cálculo do índice. A maior parte dos dados foi classificada de alta ou média qualidade e a aplicação do índice se mostrou viável. Para um melhor resultado do IGRCC é sugerido que os municípios elaborem pesquisas e medidas de coleta e atualização dos dados. Com dados atualizados, o IGRCC pode transmitir as necessidades reais do sistema e auxiliar na melhoria da GRCC. Também é importante que estes dados sejam disponibilizados em plataformas específicas (sites das prefeituras e do Sinir).

Todos os municípios estudados apresentaram uma gestão ineficiente e foi identificada uma série de dificuldades relacionadas à GRCC nestes municípios, o que possibilitou listar melhorias relacionadas aos aspectos avaliados pelo IGRCC. A primeira melhoria proposta diz respeito a dois Grupos: Educacional e Político-Econômico. Não existe um sistema de Gestão de Resíduos sem a existência de uma estrutura administrativa adequada para coordena-lo ou sem mão-de-obra capacitada para o correto manejo destes. Ficou evidente que nos municípios estudados não existe uma equipe capacitada para atuar na GRCC. Sugere-se, assim, que os municípios selecionem uma equipe de profissionais e forneça a eles capacitação sobre GRCC. Essa capacitação pode ocorrer por meio de cursos, troca de experiências com municípios modelos em GRCC e maior proximidade com o meio acadêmico.

Além dos funcionários administrativos das prefeituras, os trabalhadores do setor de construção também devem ser capacitados, visto que eles são os principais responsáveis pelas etapas de separação e acondicionamento. O bom desempenho destas etapas influencia no desempenho do sistema de gestão como um todo. As empresas de coleta devem, portanto, investir no treinamento de seus funcionários para que possam aumentar o lucro com a comercialização de materiais recicláveis. Neste sentido, a prefeitura em parceria com estas empresas devem disponibilizar cursos de capacitação e treinamento para estes trabalhadores. Tal atitude amplia a proximidade entre o setor público e privado e garante que a gestão não fique a cargo apenas da administração municipal.

Em relação às sugestões de melhorias relacionadas ao Grupo Operacional, a primeira ação necessária para melhor desempenho dos municípios é a estimativas dos RCC gerados. Sem estimar a real quantidade de resíduos, o dimensionamento das demais etapas relacionadas é comprometido. A classificação dos resíduos deve ser realizada, visto que ela é primordial para que estes recebam tratamento e destinação final adequada. Também é proposto que os municípios proporcionem a inserção de práticas de beneficiamento, reciclagem, utilizem recipientes de armazenamento apropriados, melhorem o dimensionamento do sistema de coleta e transporte e construção de ATT.

No que se refere ao Grupo Ambiental, é proposta a adoção de Práticas Sustentáveis, como a utilização de materiais reciclados em obras municipais. O incentivo à utilização de agregados recicláveis pelo setor privado deve ser feito por meio de diretrizes municipais e pelo Plano de Gerenciamento de Resíduos de Construção (grandes geradores). Para melhor desempenho deste grupo, a produção de agregado reciclado é essencial. Neste sentido, é importante que a Prefeitura Municipal incentive a implantação de empresas que atuem neste setor. Este incentivo deve ocorrer em termos legais, pela redução de impostos e pelo fornecimento de áreas para a instalação de usinas de reciclagem.

Ainda sobre o Grupo Político-Econômico, destaca-se a elaboração de leis referentes às diretrizes para a GRCC municipal. Estas diretrizes incluem a elaboração do Plano de Gestão de Resíduos de Construção Civil, bem como o Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos. No que se refere aos aspectos econômicos, é proposto que os municípios façam o planejamento financeiro da GRCC separadamente do orçamento direcionado a limpeza pública urbana. Um melhor planejamento financeiro impacta diretamente na qualidade da gestão.

Sobre o Grupo Social, a principal dificuldade identificada nos municípios estudados foi à inclusão do setor informal. Desta forma, é sugerida a inserção destes por meio do cadastramento dos coletores de materiais, a sensibilização destes sobre a GRCC e a promoção de parcerias com empresas de reciclagem, que possam comprar os materiais por eles coletados.

A aplicação do IGRCC nos municípios também possibilitou identificar as principais ações que devem ser tomadas pelos agentes públicos para a promoção de uma gestão mais eficiente. Neste sentido, é proposto que governos municipais, estaduais e o governo federal utilizem as informações do índice para criarem novas políticas públicas voltadas para a gestão de resíduos sólidos. Tais políticas devem estabelecer metas para a redução da quantidade de RCC gerada, aumento da reciclagem, construção de aterros de classe A e fechamento de áreas de bota fora. Estas políticas devem conter metas de crescimento econômico para o setor considerando os ganhos que vêm da atividade de reciclagem e da comercialização de agregados.

Por fim, é possível concluir que o IGRCC se mostrou eficiente como ferramenta para avaliar a GRCC e o índice deve ser usado como ferramenta para a elaboração de políticas públicas voltadas para a gestão destes resíduos. Com a aplicação do índice foi possível verificar que os municípios estudados apresentam uma gestão ineficiente dos RCC. As principais falhas na GRCC se relacionam à falta de áreas destinadas à GRCC, necessidade de criação de Planos Municipais de GRCC, presença de disposição irregular, ausência de Aterros de Resíduos de Construção Civil e necessidade de implantação de práticas sustentáveis.

5.3 Sugestões de trabalhos Futuros

Para a elaboração de trabalhos futuros sugere-se a aplicação do IGRCC em municípios de pequeno e médio porte de outras regiões, também é sugerida a aplicação do índice em municípios de grande porte. Assim, será possível a comparação dos resultados do IGRCC em diferentes contextos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABEDI-VARAKI, M.; DAVTALAB, M. Site selection for installing plasma incinerator reactor using the GIS in Rudsar county, Iran. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 188, n. 6, 2016.
- ACHILLAS, C. et al. The use of multi-criteria decision analysis to tackle waste management problems: a literature review. **Waste Management & Research**, v.31, n.2, p. 115-129, 2013.
- AGRAWAL, S.; SINGH, R. K.; MURTAZA, Q. A literature review and perspectives in reverse logistics. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 97, p. 76–92, 2015.
- AGENCIA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL AMERICANA - EPA. Disponível em <<https://www.epa.gov/smm/sustainable-management-construction-and-demolition-materials>>. Acesso em: 30 abr. 2017.
- ANGULO, S. C. **Caracterização de agregados de resíduos de construção e demolição reciclados e a influência de suas características no comportamento de concretos**. 2005. Tese (Doutorado em Engenharia) - Escola Polit, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. Norma brasileira ABNT NBR 13221:1994. Informação e documentação – Citações em documentos – Apresentação. Rio de Janeiro: ABNT, 1994.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO - ABRAMAT.. **Perfil da Indústria de Materiais de Construção**. 2015. p. 59, 2017. Disponível em: <<http://www.abramat.org.br/datafiles/publicacoes/ed2015final.pdf>>. Acesso em: 17 mai. 2016.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA PARA RECICLAGEM DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL E DEMOLIÇÃO - ABRECON. **Relatório de Pesquisa Setorial 2014/2015**. 31p. 2015. Disponível em: <http://www.abrecon.org.br/pesquisa_setorial/>. Acesso em: 01 mai. 2017.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS - ABRELPE. **Resíduos Sólidos: Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil**. São Paulo, Brasil, 118 p, 2014.
- _____. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil, 2016**. Disponível em: <<http://www.abrelpe.org.br/Panorama/panorama2016.pdf>>. Acesso em: 15 jun. 2017.
- _____. **Resíduos Sólidos: Manual de Boas Práticas no Planejamento**. Disponível em: <http://www.abrelpe.org.br/manual_apresentacao.cfm>. Acesso em: 10 nov. 2017.
- AYAG, Z. A Fuzzy AHP-based Simulation Approach to Concept Evaluation in a NPD Environment, **IIE Transactions**, v. 37, pp. 827-842, 2005.
- BANIAS G. Assessing multiple criteria for the optimal location of a construction and demolition waste management facility. **Building and Environment**, v.45, n.10, p.2317–2326, 2010.
- BATAGARAWA, R. et al. Use of Analytic Hierarchy Process (AHP) As an Instrument To Develop a Solid. **Global Journal of Advanced Engineering Technologies**, v. 4, p. 70-75, 2015.
- BERNARDO M.; LIMA, R. S. Using Action Research to Implement Selective Waste Collection Program in a Brazilian City. **Systemic Practice and Action Research**, v. 30, p. 593-608, 2017.
- BERTO, R. M. V. DE S.; NAKANO, D. Revisitando a produção científica nos anais do Encontro Nacional de Engenharia de Produção. **Production**, v. 24, n. 1, p. 225–232, 2014.

BING, X.; BLOEMHOF-RUWAARD, J.M.; VON DER VORST, J. G. A. J. Sustainable reverse logistics network design for household plastic waste. **Flexible Services and Manufacturing Journal**. v. 26, p. 119–142, 2014.

BING, X.; BLOEMHOF, J. M.; RAMOS, T. R. P.; BARBOSA-POVOA, A. P.; WONG, C. Y.; VAN DER VORST, J. G. A. J. Research challenges in municipal solid waste logistics management. **Waste Management**, v. 48, n. 2, p. 584-592, 2016.

BOSSEL, H. **Indicators for Sustainable Development: Theory, Method, Applications**. Canadá: International Institute for Sustainable Development, 1999.

BRASIL. **Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010**. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos e outras providências, 2010. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm> Acesso: 23 abr. 2016.

_____. **Ministério do Meio Ambiente** – MMA. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/> Acesso em: 11 de dez. 2017.

BRASILEIRO, L. L.; MATOS, J. M. E. Revisão bibliográfica: reutilização de resíduos da construção e demolição na indústria da construção civil. **Cerâmica**, v. 61, p. 178–189, 2015.

CANADIAN COUNCIL OF MINISTERS OF THE ENVIRONMENT - CCME. State of Waste Management in Canada 2014. Disponível em: <http://www.ccme.ca/files/Resources/waste/wst_mgmt/State_Waste_Mgmt_in_Canada%20April%202015%20revised.pdf>. Acesso em: 30 abr. 2017.

CAPELINI, M.; MANSOR, M. T. C.; CARVALHO, C. T.; FILET, M.; CAMARÃO, T. C. R. C. Estudo de um Índice de Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos para o Estado de São Paulo. In XV CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL. 2009. Recife. *Anais...* Recife, 2009.

CHEN, Y. **Multiple Criteria Decision Analysis: Classification Problems and Solutions**. 2006. Tese (Doutorado em Filosofia em Engenharia de Design de Sistemas) - University of Waterloo, Waterloo, Canadá.

COBAN, A.; ERTIS, I. F.; CAVDAROGLU, N. A. Municipal solid waste management via multi-criteria decision making methods: A case study in Istanbul, Turkey. **Journal of Cleaner Production**, v. 180, p. 159-180, 2018.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução n. 307, de 5 de julho de 2002**. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=307>>. Acesso em: 23 mar. 2016.

_____. **Resolução n. 348, de 16 de agosto de 2004**. Altera a Resolução CONAMA n. 307, de 5 de julho de 2002, incluindo o amianto na classe de resíduos perigosos. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=449>>. Acesso em: 23 mar. 2016.

_____. **Resolução n. 431, de 24 de maio de 2011**. Altera o art. 3º da Resolução n. 307, de 5 de julho de 2002, do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA, estabelecendo nova classificação para o gesso. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=649>>. Acesso em: 24 mar. 2016.

_____. **Resolução n. 448, de 18 de janeiro de 2012**. Altera os arts. 2º, 4º, 5º, 6º, 8º, 9º, 10º, 11º da Resolução nº 307, de 5 de julho de 2002. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Ministério do Meio Ambiente. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=672>>. Acesso em: 26 mar. 2016.

COSTA, T. C. DA; BELDERRAIN, M. C. N. Decisão em grupo em Métodos Multicritério de apoio à decisão.

In. Encontro de iniciação científica e Pós-graduação, 15, 2009, São José dos Campos. Anais...São José dos Campos: ENCITA, 2009.

CRUCIANI, C. et al. Constructing the FEEM sustainability index: a choquet-integral application. **Ecological Indicators**, v. 39, p. 189–202, 2014.

CUNHA; N.A. Resíduos da Construção Civil análise de usinas de reciclagem. 2007. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil Arquitetura e Urbanismo) – Faculdade de Engenharia Civil Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Campina, Campinas.

CURITIBA. **Decreto nº 852, de 16 de agosto de 2007**. Dispõe sobre a obrigatoriedade da utilização de agregados reciclados, oriundos da construção civil classe A, em obras e serviços de pavimentação das vias públicas, contratadas pelo Município de Curitiba. Prefeitura Municipal de Curitiba. Curitiba, PR, 16 ago. 2007. Disponível em: <http://multimedia.curitiba.pr.gov.br/2010/00086363.pdf>. Acesso em: 16 nov. 2017.

_____. Decreto nº 1068, de 16 de agosto de 2004. Institui o regulamento do Plano Integrado de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil do Município de Curitiba e altera disposições do decreto Nº 1.120/97. Disponível em: <<https://leismunicipais.com.br/a/pr/c/curitiba>>. Acesso em: 16 nov. 2017.

DAHL, A. L. The bid picture: comprehensible approaches. In: MOLDAN, B; BILHARZ, S. (eds.). Sustainability indicators: report of the project on indicators of sustainable development. Chichester: John Wiley & Sons Ltd, 1997.

DAHLBO H. et al. Construction and demolition waste management e a holistic evaluation of environmental performance. **Journal of Cleaner Production**, v. 107, p. 333-341, 2015.

DEUS, R. M. et al. Resíduos sólidos no Brasil : contexto , lacunas e tendências. **Eng. Sanit. Ambient.** v. 20, n. 4, p. 685–698, 2015.

DEUS, R. M.; BATTISTELLE, R. A. G.; SILVA, G. H. R. Scenario evaluation for the management of household solid waste in small Brazilian municipalities. **Clean Technologies and Environmental Policy**, v. 19, n. 1, p. 205–214, 2017.

EASLEY, R. F.; VALACICH, J. S.; VENKATARAMANAN, M. A. Capturing group preferences in a multicriteria decision. **European Journal of Operational Research**, v. 125, n. 1, p. 73–83, 2000.

ELIZAR; WIBOWO, M. A.; KOESTALAM, P. Identification and analyze of influence level on waste construction management of performance. **Procedia Engineering**, v. 125, p. 46–52, 2015.

ENERGY INFORMATION ADMINISTRATION - EIA. Disponível em: <https://www.eia.gov/outlooks/ieo/pdf/industrial.pdf> Acesso em 10-12-2017 EIA (2016).

FAGUNDES, L. D.; AMORIN, E. S.; LIMA, R. S. Action Research in Reverse Logistics for End-Of-Life Tire Recycling. **Systemic Practice and Action Research**, New York, v. 30, p. 1-17, 2017.

FÉLIX R. R. O. M et al. Estudo da aplicabilidade de indicadores de mobilidade urbana sustentável para o município de Itajubá-MG. In Congresso luso-brasileiro para o Planeamento Urbano, Regional, Integrado e Sustentável, 5, 2012, Brasília. *Anais...PLURIS*, 2012.

FERNANDES, M. DA P. M.; SILVA FILHO, L. C. P. Um modelo orientativo para a gestão municipal dos RCCs. **Ambiente Construído**, p. 21–38, 2017.

FIDELIS, R.; FERREIRA, M. A.; COLMENERO, J. C. Selecting a location to install a plastic processing center: Network of recycling cooperatives. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 103, p. 1–8, 2015.

FROTTÉ, C. et al. Estudo das propriedades físicas e mecânicas de concreto com substituição parcial de agregado

- natural por agregado reciclado proveniente de RCD. **Revista Materia**, v. 22, n. 2, 2017.
- FU, Q.; TENG, J. Analysis of the construction cost management based on the perspective of the construction waste recycling. In: International Conference on Management Science and Management Innovation, Chengdu, Sichuan, China, 2014.
- GEHRKE, A. E. B. **Indicadores de Sustentabilidade como Ferramenta de Apoio a Gestão Pública de Resíduos da Construção Civil em Municípios de Pequeno Porte**. 2012. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- GIL, Antônio Carlos. Como elaborar projetos de pesquisa. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2008.
- GONCALVES, M. C., MARGARIDO, F. Materials for Construction and Civil Engineering. Science, Processing and Design. 1. Springer International Publishing, 2017.
- GONÇALVES et al. Urban solid waste challenges in the BRICS countries: a systematic literature review. **Ambiente e Agua - An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, v.13 n.2, p. 1-20, 2018.
- GOVINDAN, K. et al. Analysis of third party reverse logistics provider using interpretive structural modeling. **International Journal of Production Economics**, v. 140, n. 1, p. 204–211, 2012.
- GONZÁLES, G. L. **Residuos Solidos Urbanos Argentina - tratamiento y disposicion final situacion actual y alternativas futuras**. Buenos Aires: FODECO, 2011. 65 p.
- GUARNIERI, P.; HASS, D.; MONTEIRO, G. A mensuração dos efeitos financeiros e econômicos da logística reversa pela contabilidade ambiental, **Revista Meio Ambiente e Sustentabilidade**, Curitiba, v.4, n.2, 2013.
- KARPINSKI et al. Gestão de resíduos da construção civil: uma abordagem prática no município de Passo Fundo-RS. Estudos tecnológicos, v. 4, n. 2, p. 69-87, 2008.
- KARPINSKI, L. A. et al. **Gestão diferenciada de resíduos da construção civil: uma abordagem ambiental**. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2009.
- KUMAR S, HASSAN M.I. Selection of a landfill site for solid waste management: an application of AHP and spatial analyst tool. **Arabian Journal of Geosciences**, v.41, n.1, p.45–56, 2013.
- HANAN, D.; BURNLEY, S.; COOKE, D. A multi-criteria decision analysis assessment of waste paper management options. **Waste Management**, v. 33, n. 3, p. 566–573, 2013.
- HOSSEINI, M. R. et al. Reverse logistics in the construction industry. **Waste Management & Research**, p. 1 - 16, 2015.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Indicadores de desenvolvimento sustentável: Brasil 2015**. Rio de Janeiro : IBGE, 2015.
- _____. **IBGE Cidades**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/>. Acesso em: 15 de set. 2017.
- KLING, M.; SEYRING, N.; TZANOVA, P. Assessment of economic instruments for countries with low municipal waste management performance: An approach based on the analytic hierarchy process. **Waste Management & Research**, v. 34, n. 9, p. 912–922, 2016.
- LACERDA, C S.; CÂNDIDO, G.A. Modelos de indicadores de sustentabilidade para gestão de recursos hídricos. In: LIRA, WS.; CÂNDIDO, G.A., orgs. Gestão sustentável dos recursos naturais: uma abordagem participativa [online]. Campina Grande: EDUEPB, 2013.
- LACERDA et al. **Design Science Research: Método de Pesquisa para Avanço da Ciência e Tecnologia**. Bookman Editora, 2015.
- LEE, S.; VACCARI, M.; TUDOR, T. Considerations for choosing appropriate healthcare waste management

treatment technologies: A case study from an East Midlands NHS Trust, in England. **Journal of Cleaner Production**, v. 135, p. 139–147, 2016.

LEITE, P. R. **Logística Reversa Meio Ambiente e Competitividade**. São Paulo: Prentice Hall, 2009. 250 p.

LIMA, J. P. **Modelo de Decisão para a Priorização de vias candidatas às atividades de manutenção e reabilitação de pavimentos**. 2007. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos.

LIMA, R. S.; LIMA, R. R. R. **Guia para Elaboração de Projeto de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil**. 1. ed. CREA - PR, 2009.

LIMA, R. M. S. R. Sistema de avaliação da gestão integrada de resíduos da construção civil na esfera municipal. 2012. Tese (Doutorado em Ciências) - Universidade de São Paulo, São Paulo.

LIMA, A. S.; CABRAL, A. E. B. Caracterização e classificação dos resíduos de construção civil da cidade de Fortaleza (CE). **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 18, n. 2, p. 169–176, 2013.

LIMA, J. L.; LIMA, R. S.; SILVA, A. N. R. Evaluation and selection of alternatives for the promotion of sustainable urban mobility. **Procedia - Social and Behavioral Sciences**, v. 162, p. 408-418, 2014.

LIMA, J. P. et al. Urban Solid Waste Management by Process Mapping and Simulation. **Pesquisa Operacional**, v.35, n.1, 2015.

Lima, J. P.; Leal F. Using Discrete-Event Simulation in Urban Solid Waste Selection. **The Journal of Solid Waste Technology and Management**, v. 41, n.1, p. 15-27, 2015.

LUCHEZZI, C.; TERENCE, M. C. Logística Reversa Na Construção Civil. **Revista Mackenzie de Engenharia e Computação**, v. 13, p. 144–160, 2015.

MACHADO. **Lei Ordinária nº 1526 de 25 de abril de 2003**. Dispõe sobre a Coleta Seletiva de lixo no município de Machado /MG e dá outras providências. Disponível em: <<http://legislador.diretriznet.com.br:8080/legisladorweb.asp?WCI=LeiTexto&ID=55&inEspecieLei=1&nrLei=1588&aaLei=2003&dsVerbete=1478>>. Acesso em 15 jun. de 2017.

_____. **Lei Ordinária nº 1478 de 09 de dezembro de 2002**. Dispõe sobre o licenciamento de empresas prestadoras dos serviços de coleta de entulhos provenientes de construções e reformas, autoriza a utilização de vias públicas para a colocação de caçambas e dá outras providências. Disponível em: <<http://legislador.diretriznet.com.br:8080/LegisladorWEB.ASP?WCI=LeiTexto&ID=55&inEspecieLei=1&nrLei=1478&aaLei=2002&dsVerbete=licenciamento+de+empresas+prestadoras+>>. Acesso em: 29 de ago. 2017.

MACHADO, D. O; OLIVEIRA S. A Política Nacional de Resíduos Sólidos e a responsabilidade dos Municípios. **Iusgentium**, v. 10, n. 5, p. 19, 2010.

MACHADO, P. A. L. Princípios da Política Nacional de Resíduos Sólidos. In: JARDIM, A.; VALVERDE, J.; YOSHIDA, C. Consuelo. Política Nacional, gestão e gerenciamento de resíduos sólidos. São Paulo: Manole, 2012.

MÁLIA M. A. B. et al. Construction and demolition waste indicators. **Waste Management & Research**, v.31, p. 241–255, 2013.

MENDOZA, G. A; MARTINS, A. Multi-criteria decision analysis in natural resource management: A critical review of methods and new modelling paradigms. **Forest Ecology and Management**, v. 230, p. 1-22, 2006.

MARTIN, C.; RUPERD, Y.; LEGRET, M. Urban stormwater drainage management: The development of a multicriteria decision aid approach for best management practices. **European Journal of Operational**

Research, v. 181, n. 1, p. 338–349, 2007.

MARTINS, M. F.; CÂNDIDO, G. A. Índices de desenvolvimento sustentável para localidades: uma proposta metodológica de construção e análise. **Revista de Gestão Social e Ambiental- RGSA**, São Paulo, v. 6, n. 1, p. 03- 19. 2012.

MELO, A., GONÇALVES, A., MARTINS, I. Construction and demolition waste generation and management in Lisbon. **Resources, Conservation and Recycling**, 55, 1252-1264, 2011.

MILANEZ, B. Resíduos Sólidos e Sustentabilidade - Princípios, indicadores e instrumentos de ação. 2002. Tese (Mestrado em Engenharia Urbana) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos.

MILANEZ, B.; TEIXEIRA, B.A.N. Proposta de método de avaliação de indicadores de sustentabilidade para gestão de resíduos sólidos urbanos. In: FRANKENBERG, C.L.C. RAYA-RODRIGUEZ, M.T.; CANTELLI, M. (Coord.). Gestão ambiental urbana e industrial. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2003.

MILUTINOVIĆ, B. et al. Multi-criteria analysis as a tool for sustainability assessment of a waste management model. **Energy**, v. 74, n. C, p. 190–201, 2014.

MILUTINOVIĆ, B. et al. Environmental assessment of waste management scenarios with energy recovery using life cycle assessment and multi-criteria analysis. **Energy**, p. 1-10, 2017.

MIRANDA, L. F.R. et al. Conexões eficazes na gestão de resíduos de construção e demolição: diretrizes para Curitiba. In: Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 5.,2014, Maceió. *Anais...ENTAC*, 2014. p. 2502- 2511.

MORAES, F. T. F.; LIMA, R. S. O papel do varejo na Logística Reversa de Medicamentos em desuso: o caso do município de Itajubá-MG. In: Simpósio de Engenharia de Produção, 13, 2016, Bauru. *Anais...SIMPEP* 2016.

MORAES, F. T. F.; LIMA, J. P.; LIMA, R. DA S. Logística Reversa de Resíduos de Construção Civil: Oportunidades e desafios. In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 37, 2017, Joinville. *Anais...ENEGEP*, 2017.

NUNES, K. R. A.; MAHLER, C. F.; VALLE, R. A. Reverse logistics in the Brazilian construction industry, **Journal of Environmental Management**, v. 90, p.3717–3720, 2009.

OKUMURA, S.; TASAKI, T.; MORIGUCHI, Y. Economic growth and trends of municipal waste treatment options in Asian countries. **Journal of Material Cycles and Waste Management**, v. 16, n. 2, p. 335–346, 2014.

OLIVEIRA, D. M. C.; CONSTANZI, R. N. Índice de Reciclagem de Resíduos de Construção e Demolição. **Enciclopédia Biosfera**, v.10, n.19; p. 2628-2642, 2014.

PAES C.E. et al. Management of Waste Electrical and Electronic Equipment in Brazilian public education institutions: implementation through action research on a university campus. **Systs Pract Action**, v.30, p.29:1–17, 2016.

PAREKH, H. et al. Identification and assigning weight of indicator influencing performance of municipal solid waste management using AHP. **KSCE Journal of Civil Engineering**, v. 19, n. 1, p. 36–45, 2014.

PEIXOTO, R. A. F.; PADULA, F. R. G. . Uso de escória de aciaria em ciclovia de pavimento rígido. *Téchne*. **Revista de Tecnologia da Construção** , v. 142, p. 58-62, 2009.

PINTO et al. Caracterização do resíduo de manta cerâmica usada para isolamento térmico e sua utilização na fabricação de argamassa. **Metalurgia & Materiais**, v. 63, n. 3, p. 523-528, 2010.

POLAZ, C. N. M.; TEIXEIRA, B. A. N. Indicators of sustainability for municipal solid waste management: Case study of the city of São Carlos (SP). **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 14, n. 3, p. 411–420, 2009.

PORRAS, A. C.; LEÓN, O. P.; CORTÉS, N. L. G. Unidad Logística de Recuperación de Residuos de Construcción y Demolición: estudio de caso Bogotá D. C. **RCD, Logística, Procesos, Reciclaje, Unidad Recuperadora**, v. 23, n. 2, p. 95-118, 2013.

PORTUGAL. Construction and Demolition Waste management in Portugal. **Resource Efficient Use of Mixed Wastes**, n. September, 2015.

_____. Agência Portuguesa do Meio Ambiente (APA). Proposta de um Sistema de Indicadores para o desenvolvimento sustentável. Disponível em: <https://www.apambiente.pt/_zdata/Divulgacao/Publicacoes/SIDS/SIDSPortugal_Proposta2000.pdf>. Acesso em 12 de jun. 2018.

POUSO ALEGRE. **Lei Ordinária nº 4527 de 01 de dezembro de 2006**. Institui o Sistema de Gestão Sustentável de Resíduos da Construção Civil e Resíduos volumosos e o Plano Integrado de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil e dá outras providências. Disponível em: <[http://legislador.diretriznet.com.br:8080/legisladorweb.asp?WCI=LeiTexto&ID=122&inEspecieLei=1&nrLei=4527&aaLei=2006&dsVerbete=Plano+Integrado+](http://legislador.diretriznet.com.br:8080/legisladorweb.asp?WCI=LeiTexto&ID=122&inEspecieLei=1&nrLei=4527&aaLei=2006&dsVerbete=Plano+Integrado+>)>. Acesso em 25 de jan. 2017.

_____. **Lei Ordinária nº 5335 de 14 de agosto de 2013**. Dispõe sobre o sistema de Coleta Seletiva de Resíduos Sólidos Urbanos recicláveis e reutilizáveis com inclusão social e econômica dos catadores de material reciclável, sobre o sistema de Logística Reversa e sobre o conselho gestor no município de pouso alegre/mg e dá outras providências. Disponível em <[http://legislador.diretriznet.com.br:8080/legisladorweb.asp?WCI=LeiTexto&ID=122&inEspecieLei=1&nrLei=5335&aaLei=2013&dsVerbete=Sistema+de+Coleta+Seletiva+](http://legislador.diretriznet.com.br:8080/legisladorweb.asp?WCI=LeiTexto&ID=122&inEspecieLei=1&nrLei=5335&aaLei=2013&dsVerbete=Sistema+de+Coleta+Seletiva+>)>. Acesso em: 17 de jan. 2017.

PUCCI, R. B. Logística de resíduos da construção civil atendendo à resolução CONAMA 307. 2006. 137p. Dissertação (Mestrado em Transportes) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

PUPPHACHAI, U.; ZUIDEMA, C. Sustainability indicators: A tool to generate learning and adaptation in sustainable urban development. **Ecological Indicators**, v. 72, p. 784–793, 2017.

QUADROS R., S. G.; NASSI, C. D. An evaluation on the criteria to prioritize transportation infrastructure investments in Brazil. **Transport Policy**, v. 40, p. 8–16, 2015.

RAMOS, R. A. R. Localização Industrial - Um modelo espacial para o nordeste de Portugal. 2000. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Escola de Engenharia, Universidade do Minho, Braga.

Rigamonti et al. Integrated municipal waste management systems: An indicator to assess their environmental and economic sustainability. **Ecological Indicators**. v. 60 p.1–7, 2018

ROCHA, M. P. **Proposta de Indicadores de Sustentabilidade na Gestão de Resíduos de Construção e Demolição**. 2012. Dissertação (Mestre em Engenharia Civil) - Departamento de Engenharia Civil, Universidade do Porto, Porto.

ROCHA, K. E.; MENDES, J. V.; MORIS, V. A. S. Avaliação do nível de maturidade em sustentabilidade através do Modelo Hierárquico de Lowell. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**. 30, 2013.

RODRIGUEZ, D. S. S. COSTA, H. G. CARMO, L. F. R. R. S. Métodos de auxílio multicritério à decisão aplicados a problemas de PCP: Mapeamento da produção em periódicos publicados no Brasil. **Revista Gestão e Produção**. São Carlos, v. 36, p.134-146, 2013.

SAATY, T. L. **The Analytic Hierarchy Process**. Nova Iorque.: MacGraw – Hill, 1980.

SAATY, T. L. How to make a decision: The Analytic Hierarchy Process. **Interfaces**, v. 24, p. 19-43, 1994.

SAKAMOTO, E.; LIMA, J. P.. Acessibilidade em ambiente rural: uma abordagem multicritério com uso de SIG. **Transportes**, v. 24, p. 63-73, 2016.

SANTIAGO, L. S.; DIAS, S. M. F. Matriz de indicadores de sustentabilidade para a gestão de resíduos sólidos urbanos. **Engenharia Sanitária Ambiental**, v. 17, p. 203–212, 2012.

SALMINEN P.; HOKKANEN, J.; LAHDELMA, R. Comparing multicriteria methods in the context of environmental problems. **European Journal of Operational Research**, v. 104, p. 485-496, 1998.

SANTA RITA DO SAPUCAÍ. Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos - Diagnóstico, 2015. Disponível em: <<http://www.pmsrs.mg.gov.br/Home/wp-content/uploads/2015/04/PMGIRS-SANTA-RITA-DO-SAPUCAI-Versao-Diagnostico.pdf>>. Acesso em 21 jan. 2017.

SCHAMNE, A. N. Logística Reversa de Resíduos Sólidos ao Setor da Construção Civil em Curitiba , Paraná. 2016. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba.

SCHAMNE, A. N.; NAGALLI, A. Reverse Logistics in the Construction Sector: A Literature Review. **Ejge**, v. 21, p. 691–702, 2016.

SEGANTINI, A. A. S.; WADA, P. H. Estudo de dosagem de tijolos de solo-cimento com adição de resíduos de construção e demolição. **Acta Scientiarum Technology**, v. 33, n. 2, p.179-183, 2011.

SEROKA-STOLKA, O. The Development of Green Logistics for Implementation Sustainable Development Strategy in Companies. **Procedia - Social and Behavioral Sciences**, v. 151, n. March, p. 302–309, 2014.

SILVA, V. A.; FERNANDES, A. L. Cenário do gerenciamento dos resíduos da construção e demolição (RCC) em Uberaba-MG. **Revista Sociedade & Natureza**, v.24, n.2, p. 333-344, 2012.

SILVA, O. H. DA et al. Etapas do gerenciamento de resíduos da construção civil Construction and demolition waste management stages. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental.**, p. 39–48, 2015.

SILVEIRA, D. T.; CÓRDOVA, F. P. **A pesquisa científica**. A pesquisa científica. In: GERHARDT, Tatiana Engel; SILVEIRA, Denise Tolfo Silveira. Métodos de pesquisa. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2009.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE A GESTÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS - SINIR– Observatório de Lixões. Disponível em: <http://www.sinir.gov.br/web/guest/observatorio-de-lixoes> Acesso em: 04 de nov. 2017.

SOBOTKA, Anna; CZAJA, Joanna. Analysis of the factors stimulating and conditioning application of reverse logistics in construction, **Procedia Engineering**, v.122, p. 11–18, 2015.

SOLER, F. D. Os acordos setoriais previstos na Lei Federal n. 12.305/2010 (Política Nacional de Resíduos Sólidos - PNRS): Desafios jurídicos para a implementação da logística reversa no Brasil. 2014. Dissertação (Mestre em Direito) - Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo.

SOLÍS-GUZMÁN, J. et al. A Spanish model for quantification and management of construction waste. **Waste Management**, v. 29, n. 9, p. 2542–2548, 2009.

TABOADA-GONZALEZ, P. et al. Application of analytic hierarchy process in a waste treatment technology assessment in Mexico. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 186, n. 9, p. 5777–5795, 2014.

TOWNSEND, Timothy; Wilson, Christina; Beck, Blaire, The Benefits of Construction and Demolition Materials Recycling in the United States. CDRA, 2014. Disponível em: <<http://www.cdrecycling.org/>>.

TOT, B. et al. Group assessment of key indicators of sustainable waste management in developing countries. **Waste Management & Research**, v. 35, n. 9, p. 913–922, 2017.

TRÊS CORAÇÕES. **Lei Ordinária nº 3510 de 14 de julho de 2009**. Dispõe sobre a Criação da Central de Reciclagem e Distribuição de resíduos sólidos de Mineradoras, Extratoras de Pedras e Resíduos de Construções, Demolições de Prédios e Edificações no Município de Três Corações. Disponível em: <[http://legislador.diretriznet.com.br:8080/legisladorweb.asp?WCI=LeiTexto&ID=95&inEspecieLei=1&nrLei=3510&aaLei=2009&dsVerbetes=Central+de+Reciclagem+](http://legislador.diretriznet.com.br:8080/legisladorweb.asp?WCI=LeiTexto&ID=95&inEspecieLei=1&nrLei=3510&aaLei=2009&dsVerbetes=Central+de+Reciclagem+>)>. Acesso em: 16 nov. 2017.

_____. Disponível: <http://www.trescoracoes.mg.gov.br/index.php/gerenciamento-de-residuos-projeto-tc-recicla>. Acesso em: 16 de nov. 2017.

UNIÃO EUROPÉIA – UE. **Construction and Demolition Waste Management, 2015**. Disponível em: <http://ec.europa.eu/environment/waste/studies/mixed_waste.htm#workshop>. Acesso: 15 de jan. 2017 .

_____. **Construction and Demolition Waste (CDW), jun. 2016**. Disponível em: <http://ec.europa.eu/environment/waste/construction_demolition.htm> Acesso: 25 de abr. 2017.

_____. **Directive 2008/98/EC on waste (Waste Framework Directive)**. Disponível em: <http://ec.europa.eu/environment/waste/framework/> Acesso: 11 de dez.2017.

_____. **Towards a local sustainability profile**. Disponível em: <https://publications.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/33eba485-e1e3-4748-9358-0d66ef86bcc3> Acesso: 12 de dez. 2017.

UYAN, M. MSW landfill site selection by combining AHP with GIS for Konya, Turkey. **Environmental Earth Sciences**, v. 71, 2014.

VALENÇA, M. Z. O papel das empresas de coleta e transporte na gestão integrada e sustentável dos resíduos da construção civil na cidade do Recife o que mudou com a Resolução CONAMA 307/2002? v. 1, p. 45–58, 2008.

VAN BELLEN, H.M. **Indicadores de sustentabilidade: uma análise comparativa**. Rio de Janeiro: FGV, 2005.

VARGAS, R. V. Utilizando a programação multicritério (Analytic Hierarchy Process – AHP) para selecionar e priorizar projetos na gestão de portfólio. In: PMI Global Congress, Washington – DC, USA. 2010.

VUČIJAK, B.; KURTAGIĆ, S. M.; SILAJDŽIĆ, I. Multicriteria decision making in selecting best solid waste management scenario: a municipal case study from Bosnia and Herzegovina. **Journal of Cleaner Production Journal**, v. 130, p. 166-174, 2015.

XAVIER, L. H. & CORRÊA, H. L. **Sistemas de Logística Reversa - criando cadeias de suprimento sustentáveis**. São Paulo: Atlas, 2013.

WILSON, D. C. et al. “ Wasteaware ” benchmark indicators for integrated sustainable waste management in cities. **Waste Management**, v. 35, p. 329–342, 2015.

WIND, Y.; SAATY, T. L. Marketing Applications of the Analytic Hierarchy Process. *Management Science*, 1980. Disponível em: <<http://pubsonline.informs.org/doi/abs/10.1287/mnsc.26.7.641>>. Acesso em: 09 de mai. 2017.

YAP, H.Y.; NIXON, J. D. A multi-criteria analysis of options for energy recovery from municipal solid waste in India and the UK. **Waste Management Journal**, v.46, p. 265-277, 2015.

YASAR, D.; CELIK, N.; SHARIT, J. Evaluation of advanced thermal solid waste management technologies for sustainability in Florida. **International Journal of Performability Engineering**, v. 12, n. 1, p. 63–78, 2016.

YEDLA, S. Replication of urban innovations – prioritization of strategies for the replication of Dhaka’s community-based decentralized composting model. **Waste Management & Research**, v. 30, n. 1, p. 20–31, 2012.

YUAN, H. A. Key indicators for assessing the effectiveness of waste management in construction projects **Ecological Indicators**, v. 24, p. 476–484, 2013.

ZAMAN, A.; LEHMANN, S. The Zero Waste Index: A Performance Measurement Tool for Waste Management Systems in a “Zero Waste City”. **Journal of Cleaner Production**, v. 50, p. 123–132, 2013.