

Ponta Grossa, Paraná, Brasil – 06 a 08 de junho de 2018

## **CRITÉRIOS PARA LOCALIZAÇÃO DE UMA USINA DE RECICLAGEM DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO, UTILIZANDO O MÉTODO ANALYTIC HIERARCHY PROCESS (AHP)**

Mayara Cristina Ghedini da Silva (UNOPAR) mayaraghedini@gmail.com

### **Resumo:**

Considerando o setor da construção e demolição, umas das áreas em maior desenvolvimento no país atualmente, questiona-se referente ao crescente volume de resíduos que o setor vem gerando e descartando nos últimos anos. Deste modo, o presente trabalho tem como objetivo propor critérios para localização de uma usina de reciclagem de resíduos da construção e demolição na cidade de Ponta Grossa, utilizando o método Analytic Hierarchy Process (AHP). Para a elaboração do modelo proposto, buscou-se embasamento teórico nos pilares da sustentabilidade, juntamente com com normas e legislações nacionais e municipais. Conclui-se que o desenvolvimento de uma estrutura hierárquica de decisão utilizando o método AHP permite a transformação de informações essencialmente qualitativas, em informações quantitativas, fornecendo assim, um embasamento numérico que facilita os processos decisórios.

**Palavras-chave:** Construção; Demolição; Método Analytic Hierarchy Process (AHP).

## **CRITERIA FOR LOCATION OF A CONSTRUCTION AND DEMOLITION WASTE-RECYCLING MACHINE USING THE ANALYTIC HIERARCHY PROCESS (AHP)**

### **Abstract**

The construction and demolition sector, the largest domain of waste generation, the power generation sector and the latest data. Thus, the main objective of this work was to locate a waste recycling plant for construction and demolition in the city of Ponta Grossa, using the Analytic Hierarchy Process (AHP) method. To obtain a review of the proposed model, seek theoretical basis in the sustainability pillars, including national and municipal norms and laws. It is concluded that the development of a hierarchical structure using the AHP method allows a transformation of qualitative information in its quantitative information, thus indicating a numerical basis that facilitates decision-making processes.

**Key-words:** Construction; Demolition; Analytic Hierarchy Process (AHP) method.

## **1 INTRODUÇÃO**

O setor da construção e demolição evidencia-se no desenvolvimento econômico do país, entretanto, destaca-se também pelos impactos ambientais e volume de resíduos gerados. O

---

Ponta Grossa, Paraná, Brasil – 06 a 08 de junho de 2018

setor tem como desafio, aliar a rentabilidade econômica com o desenvolvimento de atividades que gerem menores impactos ambientais.

O crescente aumento no volume de resíduos gerados nos últimos anos, apresenta-se como um motivo de preocupação para os setores ambientais que estão buscando esclarecer aos governantes as consequências que virão a acontecer devido ao volume e ao descarte incorreto dos resíduos (LEVY, 2007).

O monitoramento frequente do poder público sobre os resíduos gerados por este setor em específico viabiliza a destinação a aterros especiais, porém não apresentam técnicas que possam beneficiar estes resíduos, agregando-os valor econômico e ambiental.

Com o beneficiamento dos resíduos, o agregado que é obtido por meio desta atividade é destinado a obras de pavimentação, drenagem, fabricação de pré-moldados e produção de concretos de baixa resistência.

A ascensão do setor da construção civil contribui para o aumento do volume de resíduos gerados no país. Segundo a ABRELPE (2016) – Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais – os municípios brasileiros coletaram, no ano de 2016, aproximadamente 45,1 milhões de toneladas de resíduos da construção e demolição, que apesar de representar um volume expressivo, corresponde a uma redução de 0,08% em relação a 2015.

A escolha e seleção do método AHP se dá em decorrência de sua ampla aplicabilidade frente a processos de planejamento de múltiplos critérios, facilitando assim, o estudo e compreensão de sistemas complexos, e, principalmente, considera o conhecimento dos decisores referente ao tema proposto pelo modelo.

Sendo assim, o presente trabalho tem como objetivo propor critérios para localização de uma usina de reciclagem de resíduos da construção e demolição na cidade de Ponta Grossa, utilizando o método Analytic Hierarchy Process (AHP).

## **2 Referencial Teórico**

### **2.1 SUSTENTABILIDADE E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL**

A definição de sustentabilidade vem sendo aprimorada ao longo dos anos, buscando abranger cada vez mais um número maior de preocupações. As primeiras definições do tema o vinculavam apenas a manutenção de recursos renováveis para a colheita, pesca ou extração de um recurso natural (GAMBORG; SANDOE, 2005).

O Relatório Brundtland, publicado em 1987 e desenvolvido pela World Commission on Environment, buscava apresentar a incompatibilidade do ritmo de produção e o desenvolvimento sustentável. O mesmo definia sustentabilidade como o processo que busca satisfazer as necessidades do presente sem comprometer a capacidade de satisfazer as necessidades das futuras gerações (QUEL, 2010; BITHAS E CHRISTOFAKIS, 2006). Por sua vez, é a definição mais conhecida e utilizada (SCHUBERT; LANG, 2005).

Por sua vez, sustentabilidade é conceituada por Berkes e Folke (1998), como um processo socioeconômico que inclui dimensões ecológicas, sociais e econômicas. Os autores Baumgartner e Quass (2010), complementam a definição anteriormente apresentada, afirmando que sustentabilidade é um processo que indica a forma como os seres humanos devem agir em relação a natureza, e sua responsabilidade com as gerações futuras.

---

Ponta Grossa, Paraná, Brasil – 06 a 08 de junho de 2018

Para Hacking e Guthrie (2003) sustentabilidade relaciona ecossistema e sistemas econômicos, e afirma não existir metas padronizadas para medi-la, de modo que a mesma apenas pode ser vista dentro de um processo em andamento.

Desenvolvimento sustentável é definido por Allen (1980) como o processo que busca alcançar a satisfação das necessidades humanas e a melhoria da qualidade de vida, de modo que o ecossistema seja utilizado em níveis e formas que permitam sua renovação, sendo o seu objetivo é atender as necessidades humanas preservando os sistemas de suporte da vida no planeta.

Holling (2000) busca simplificar e diferenciar a definição de sustentabilidade e desenvolvimento sustentável, sendo para o autor: a capacidade de criar, testar e manter a capacidade produtiva, e o desenvolvimento sustentável busca criar, testar, adaptar a capacidade e criar oportunidades.

Autores afirmam não haver consenso nas definições de sustentabilidade e desenvolvimento sustentável, dando origem a inúmeras interpretações, onde seus proponentes diferem na ênfase do que é sustentável (BITHAS E CHRISTOFAKIS, 2006; FISCHER et. al, 2007; TANGUAY et. al, 2010; PARRIS E KATE, 2003).

Para Veiga (2005) os termos sustentabilidade e desenvolvimento sustentável estão alcançando popularidade e sendo absorvidas de uma forma surpreendentemente rápida, de modo que estão se tornando slogan para empresas que desenvolvem atividades ambientalmente corretas.

Entretanto, conceitos e definições dos termos, estão sendo contestados pela comunidade científica que alegam existir uma vacuidade nos conceitos, devido ao que pode existir de válido, sério e objetivo nas ilusões que o tema difunde. Onde o termo desenvolvimento sustentável pode tornar-se uma expressão da moda, que todos respeitam, porém há consenso de sua definição e aplicação (GRAY, 2010; VEIGA, 2005).

### **2.1.1 Pilares da sustentabilidade**

Os pilares da sustentabilidade surgiram devido a preocupação ecológica e o reconhecimento da responsabilidade das organizações com o desenvolvimento sustentável. As empresas, por sua vez, identificaram um nicho de mercado frente as pressões da comunidade, de modo a obter vantagem competitiva frente as concorrentes, ao desenvolverem atividades sustentáveis (MAHONEY; POTTER, 2004).

O desenvolvimento sustentável serve de parâmetro para os pilares da sustentabilidade, envolvendo um repensar da sociedade e de seu desenvolvimento, para atingir o objetivo de integrar aspectos ambientais, econômicos e sociais. Por sua vez, a compreensão do desenvolvimento sustentável requer princípios específicos, como orientar a atividade humana, pra assegurar a abordagem das três dimensões, tanto a curto como a longo prazo (MAHONEY; POTTER, 2004).

Mahoney e Potter (2004) atribuem o desenvolvimento dos pilares da sustentabilidade, a mudança na ênfase dada pelas empresas, as quais priorizavam apenas o fator econômico, sem preocupar-se com os danos ambientais que estavam causando. De modo que, os pilares da sustentabilidade buscam delimitar o modo de pensar e fazer negócios, buscando respeitar a integridade e a interdependência dos fatores econômicos, sociais e ambientais.

O sucesso dos pilares da sustentabilidade está diretamente ligado aos objetivos da organização, onde a incorporação da gestão de negócios sustentáveis em sua abordagem

---

Ponta Grossa, Paraná, Brasil – 06 a 08 de junho de 2018

estratégica pode apresentar um melhor desempenho a longo prazo, favorecendo assim ganhos financeiros (MAHONEY; POTTER, 2004).

### **2.1.2 Pilar social**

Davis (1960) afirmava que responsabilidade social estava relacionada apenas a ações e decisões tomadas por razões que apresentavam maior relevância que os interesses econômicos e técnicos de uma empresa.

Com o aprimoramento dos estudos e a evolução do tema, o conceito de responsabilidade social deixou de nortear obrigações e ações que as empresas deveriam adotar, e passou a assumir um papel de destaque, onde as empresas passam a ser mais proativas frente suas ações (CARROL, 1991).

O objetivo deste fator está relacionado ao desenvolvimento de ações que busquem valorizar os trabalhadores, as empresas e a sociedade.

### **2.1.3 Pilar Ambiental**

A responsabilidade ambiental caracteriza-se como um pilar que apresenta medidas complexas, por não apresentarem fontes e fatores que podem ser medidas independentemente, e sim em acordo com os fatores de um ecossistema (ELKINGTON, 2001).

Autores apontam como responsabilidade ambiental o desenvolvimento de fatores que valorizem o desempenho ambiental, com o objetivo de minimizar a emissão de poluentes, danos a recursos naturais e poluição sonora (FAIRLEY et al, 2011; GLAVIC; LUKMAN, 2007).

Elkington (2001) afirma que para o desenvolvimento eco-eficiente, em relação ao pilar ambiental, envolve o desenvolvimento de bens e serviços a preço competitivo, que satisfaçam as necessidades humanas, com menor índice de impactos ambientais. O fator ambiental busca desenvolver uma interação de processos com o meio ambiente, sem causar danos ao mesmo.

### **2.1.4 Pilar Econômico**

Glavic e Lukman (2007) afirmam que a responsabilidade econômica está no interesse das empresas em identificar formas de aliar a redução ou minimização dos custos com questões ambientais, com a melhoria da qualidade ambiental e a geração de lucro frente as questões ambientais.

A eco-eficiência, neste fator, relaciona-se a entrega de bens a preço competitivo, que satisfaçam as necessidades dos clientes e que de maneira progressiva reduzam os impactos ambientais, buscando maneiras de prolongar o ciclo de vida dos mesmos (GLAVIC; LUKMAN, 2007).

Como objetivo principal, o fator econômico busca o desenvolvimento de produtos e empreendimentos que atendam os fatores sociais e ambientais de maneira economicamente viável.

Por meio dos pilares da sustentabilidade as empresas manifestam sua responsabilidade social visando atender as necessidades presentes sem comprometer a capacidade das gerações futuras (ONU, 1991).

## **2.2 Classificação dos RCC, segundo CONAMA n° 307/02**

---

Ponta Grossa, Paraná, Brasil – 06 a 08 de junho de 2018

A Resolução CONAMA n° 307, de 05 de julho de 2002, publicada no Diário Oficial da União (DOU) em 17 de julho de 2002 (BRASIL, 2002), estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para gestão dos resíduos da construção civil. A Resolução, por sua vez, considera a necessidade de se implantar diretrizes para buscar a redução dos impactos ambientais, de modo que sua disposição em locais inadequados contribua para a degradação do meio ambiente.

Segundo a Resolução, os resíduos da construção civil representam um percentual significativo de resíduos sólidos gerados em áreas urbanas, e consideram a viabilidade técnica e econômica de reutilização de resíduos, com o objetivo de proporcionar benefícios de forma social, econômica e ambiental.

O Quadro 01, apresenta definições a respeito RCC que estão dispostas na Resolução CONAMA n° 307 (BRASIL, 2002):

ITENS	DEFINIÇÕES
Resíduos da construção civil	- resíduos oriundos de construção, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil; - resíduos de preparação e escavação de terrenos.
Geradores	- pessoas, físicas ou jurídicas, públicas ou privadas, responsáveis pela geração de RCC.
Transportadores	- pessoa, física ou jurídica, responsável pela coleta e transporte dos resíduos entre o ponto de origem dos resíduos e a área de destinação.
Agregado reciclado	- material granular, oriundos do beneficiamento de resíduos da construção, que possam ser utilizados em novas obras.
Reutilização	- materiais que podem ser reaproveitados sem passar por processos de transformação.
Reciclagem	- materiais que podem ser reaproveitados após passar por processos de transformação.
Beneficiamento	- processo que busca oferecer, aos resíduos, condição de ser utilizado como matéria-prima ou produto.
Aterro de RCC	- área onde são utilizadas técnicas de disposição de resíduos no solo, com o objetivo de serem beneficiados e utilizados futuramente.
Áreas de destinação de resíduos	- área responsável pelo armazenamento de resíduos que atingiram o final de sua vida útil.

Quadro 01: Definições de RCC

Fonte: Resolução CONAMA n° 307 (BRASIL, 2002)

O Quadro 02 apresenta as classes de resíduos da construção e demolição, seguidos de suas definições, destinações e exemplos de resíduos que formam cada classe apresentada:

CLASSE DOS RESÍDUOS	DEFINIÇÃO	DESTINAÇÃO	EXEMPLO DE RESÍDUOS
Classe A	Resíduos recicláveis ou reutilizáveis que podem ser beneficiados e	Resíduos recicláveis ou reutilizáveis na forma de agregados, ou encaminhados a aterros específicos da CC, onde	- resíduos de pavimentação e infraestrutura; - resíduos de edificação: componentes cerâmicos, argamassa e concreto;

Ponta Grossa, Paraná, Brasil – 06 a 08 de junho de 2018

	transformados em agregados.	devem ser dispostos de modo que possam ser reciclados futuramente.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- solos oriundos de terraplanagem;</li> <li>- resíduos do processo de fabricação ou demolição, realizadas em canteiros de obras, de pré-moldados em concreto.</li> </ul>
Classe B	Resíduos que podem ser beneficiados e reciclados para outras destinações.	Resíduos reutilizáveis, recicláveis ou encaminhados a uma área de armazenagem temporário, para posterior reciclagem.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- plástico;</li> <li>- papel/papelão;</li> <li>- metais;</li> <li>- vidros;</li> <li>- madeiras.</li> </ul>
Classe C	Resíduos para os quais ainda não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam sua reciclagem.	Resíduos que devem ser armazenados, transportados e oferecidas destinações finais adequadas, de modo a minimizar possíveis danos ambientais, ou colocar em risco a saúde da população.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- produtos oriundos do gesso.</li> </ul>
Classe D	Resíduos perigosos oriundos do processo de construção, demolição, reforma e reparos em indústrias e clínicas radiológicas.	Resíduos que devem ser armazenados, transportados e oferecidas destinações finais adequadas, de modo a minimizar possíveis danos ambientais, ou colocar em risco a saúde da população.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- tintas;</li> <li>- solventes;</li> <li>- óleos;</li> <li>- materiais que contenham amianto;</li> <li>- resíduos contaminados e que causem riscos a saúde.</li> </ul>

Quadro 02: Classes de RCC

Fonte: Resolução CONAMA n° 307 (BRASIL, 2002)

O Art. 4º estabelece que os geradores de resíduos deverão ter como objetivo a não geração de resíduos, entretanto se não for possível minimizar a geração, os mesmos são responsáveis pela redução, reutilização, reciclagem ou destinação final adequada dos resíduos. Determina também, que os RCC não podem ser dispostos em aterros de resíduos domiciliares, em encostas, corpos d'água, lotes vagos e áreas de proteção ambiental.

### 2.3 Critérios para implantação de usina de RCC, segundo ABNT NBR 15114/04

A Norma ABNT NBR 15114, de 30 de julho de 2004, estabelece diretrizes para projeto, implantação e operação de áreas de reciclagem de resíduos da construção civil, buscando fixar os requisitos mínimos exigíveis para operação de áreas de reciclagem de resíduos sólidos da construção civil classe A (ABNT, 2004).

Na Norma aplica-se a reciclagem de materiais triados para produção de agregados que possuam características para a aplicação em obras de infraestrutura e edificação, sem comprometer o meio ambiente, as condições de trabalho dos operadores das usinas e a qualidade de vida da população.

Ponta Grossa, Paraná, Brasil – 06 a 08 de junho de 2018

A Norma ABNT NBR 15114 apresenta condições e critérios para a implantação de usina de reciclagem de resíduos da construção e demolição, como pode ser observado no Quadro 03, a seguir:

Condições de implantação	Critérios
Isolamento e sinalização	<ul style="list-style-type: none"> <li>- sinalização do perímetro da área em operação, construído com o objetivo de impedir o acesso de pessoas não cadastradas e animais;</li> <li>- estabelecimento de uma forma de controle de acesso ao local;</li> <li>- sinalizações que identifiquem o empreendimento;</li> <li>- preocupação com aspectos relativos à vizinhança, ventos e estética.</li> </ul>
Acessos	<ul style="list-style-type: none"> <li>- devem ser protegidos e mantidos em condições de utilização para diferentes variações climáticas.</li> </ul>
Iluminação e energia	<ul style="list-style-type: none"> <li>- a área deve dispor de iluminação que permita ações de emergência a qualquer tempo.</li> </ul>
Proteção das águas superficiais	<ul style="list-style-type: none"> <li>- respeitar as faixas de proteção dos corpos d'água superficiais;</li> <li>- previsão de um sistema de drenagem das águas de escoamento superficial na área de reciclagem.</li> </ul>
Preparo da área de operação	<ul style="list-style-type: none"> <li>- área de operação deve ter sua superfície regularizada;</li> <li>- determinar local específico para armazenamento temporário de resíduos não recicláveis;</li> <li>- área coberta para armazenamento temporário de resíduos da Classe D.</li> </ul>

Quadro 03: Condições e critérios para implantação de usina de reciclagem RCC  
Fonte: Norma ABNT NBR 15114

De maneira simplificada, o local ideal para implantação da usina deve buscar minimizar os impactos ambientais que sua instalação pode gerar; maximizar sua aceitação por parte da população da região; estar de acordo com as legislações ambientais e de utilização do solo; e principalmente, observar hidrografia, vegetação e vias de acesso ao local (ABNT NBR 15114).

## 2.4 Método Analitic Hierarquic Process (AHP)

O Método AHP de Auxílio Multicritério à Tomada de Decisão, segundo Saaty (1980), é uma técnica de análise de decisão e planejamento de múltiplos critérios, onde sua aplicação reduz o estudo de sistemas complexos, a uma sequência de comparações aos pares de componentes adequadamente identificados. Segundo Wang, Chu e Wu (2007), o método permite a medição da coerência dos julgamentos dos decisores.

Os autores Huang, Chu & Chiang (2008), Kang & Lee (2007), Hsu Tzeng & Shyu (2003), Chin, Pun, Xu, & Chan (2002) desenvolveram pesquisas utilizando o AHP, e o apresentam como um método apropriado para a resolução de problemas que apresentem múltiplos critérios para a tomada de decisão em diferentes setores.

Chin, Pun, Xu e Chan (2002) elencaram critérios e subcritérios para a implantação do programa de qualidade total em empresas estatais na China. Para o desenvolvimento da pesquisa, foi utilizado o método AHP para priorizar a importância de critérios e subcritérios.

Ponta Grossa, Paraná, Brasil – 06 a 08 de junho de 2018

Huang, Chu e Chiang (2008) utilizaram o método AHP para avaliar os julgamentos subjetivos feitos pelo comitê técnico do programa de desenvolvimento industrial de Taiwan. O método se caracteriza pela capacidade de analisar um problema e propor uma tomada de decisão, por meio da construção de níveis hierárquicos, sendo o problema decomposto em atributos, que são decompostos em um novo nível de atributos.

Saaty (1980) divide o método AHP em seis etapas, sendo elas: (I) Definir o objetivo; (II) Definir as alternativas; (III) Definir os critérios relevantes para o problema de decisão; (IV) Avaliar as alternativas em relação aos critérios; (V) Avaliar a importância relativa de cada critério; e (VI) Determinar a avaliação global de cada alternativa.

Babic (1998) afirma que o método está baseado em três pensamentos analíticos, sendo: (I) construção de hierarquias: o problema é decomposto em níveis hierárquicos, buscando uma melhor compreensão e avaliação do problema; (II) estabelecer prioridades: no AHP, o ajuste das prioridades fundamenta-se na habilidade do ser humano de perceber a relação entre os objetivos e as situações observadas, por meio de julgamentos paritários; (III) consistência lógica: no método, é possível avaliar o modelo de priorização construído, quanto a sua consistência.

Com o objetivo de gerar maior domínio sobre o tema pesquisado, a aplicação do método AHP, os autores Clemen (1995) e Hammond, Keeney e Raiffa (2004) apresentam um roteiro para sua aplicação, conforme descrito a seguir:

Definição do problema de decisão: onde se faz necessário conhecer os valores do tomador de decisão, identificando assim qual o objetivo que pode ser atingido por meio da solução do problema;

Decomposição do problema: pesquisar, dividir e estruturar o problema de modo a formar uma estrutura hierárquica, onde pode-se verificar o objetivo e os critérios para atingi-los, como representado na Figura 01:

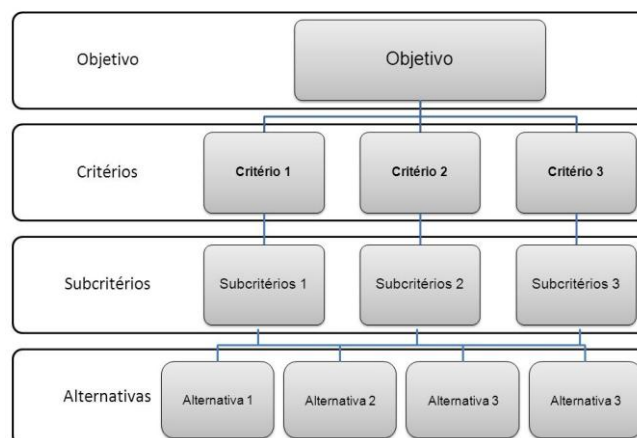


Figura 01: Estrutura hierárquica de tomada de decisão.  
Fonte: Adaptado de Iaïnes e Cunha (2006).

O método leva em consideração conhecimentos e experiências dos decisores, onde por meio da quantificação dos valores ponderados pelos mesmos, obtém-se os pesos para os fatores considerados. Após a sintetização dos julgamentos determina-se as prioridades das variáveis, tornando assim a análise qualitativa do problema, mais consistente (OLIVEIRA, 2007).



Ponta Grossa, Paraná, Brasil – 06 a 08 de junho de 2018

Os autores Belderrain e Silva (2005) complementam salientando que cada decisor deve fazer uma comparação paritária, de cada elemento em seu nível hierárquico, formando uma matriz quadrada de decisão. Na sequência, o decisor representará sua preferência entre os elementos compostos, a partir de uma escala definida. Posteriormente, será gerada uma matriz quadrática recíproca, denominada Matriz Dominante.

Para a utilização do método AHP se faz necessária à definição das importâncias relativas entre critério, subcritérios e alternativas, para isso deve-se definir uma escala de importância a ser aplicada.

Saaty (1991) apresenta uma escala de importância baseada na escala Likert, que é representada por uma tabela de julgamentos que emprega valores de 1 a 9. Para o autor, esta escala busca capturar a intensidade de uma relação que se apresenta de maneira qualitativa. O Quadro 05 apresenta a escala considerada pelo autor:

1	Igual Importância	As duas atividades contribuem igualmente para o objetivo
3	Importância pequena de uma para a outra	A experiência e o julgamento favorecem levemente uma atividade em relação à outra.
5	Importância grande ou essencial	A experiência e o julgamento favorecem fortemente uma atividade em relação à outra.
7	Importância muito grande ou demonstrada	Uma atividade é muito fortemente favorecida em relação à outra.
9	Importância absoluta	A evidência favorece uma atividade em relação à outra com o mais alto grau de certeza.
2,4,6,8	Valores intermediários	Quando se procura uma condição de compromisso entre as duas definições.

Quadro 04: Escala Fundamental de Saaty.

Fonte: Adaptado de Saaty (1980).

O Quadro 04, referente à Escala Fundamental de Saaty é exemplificado por Costa (2003), que apresenta os valores recíprocos na escala de comparação dos critérios:

Tabela 01: Escala de comparação dos critérios

1/9	1/7	1/5	1/3	1	3	5	7	9
Extremamente	Bastante	Muito	Pouco	Igual	Pouco	Muito	Bastante	Extremamente
<b>MENOS IMPORTANTE . . .</b>				<b>. . . MAIS IMPORTANTE</b>				

Fonte: adaptado de Costa (2003)

Esta tabela representa a comparação paritária, onde o decisor demonstrar sua preferência pelo critério A, como o critério de maior relevância frente ao B, por exemplo, informando assim peso 5 para o critério A, na matriz de cálculo de vetores, o peso correspondente ao critério B é recíproco a 1/5, demonstrando assim sua menor importância frente ao critério A.

Após a atribuição de pesos nas matrizes de prioridades, deve-se calcular os pesos relativos, que é denominado por Saaty (1991) como o processo de normalização da matriz, onde calcula-se o autovetor que torna-se o vetor de prioridade, que pode ser obtido de três modos:

Mais grosseiro: somam-se os elementos de cada linha e normaliza-se o resultado dividindo cada soma pelo total de todas as somas;

Melhor: soma-se os elementos em cada coluna e formam-se os recíprocos destas somas;

Ponta Grossa, Paraná, Brasil – 06 a 08 de junho de 2018

Bom: dividem-se os elementos de cada coluna pela soma daquela coluna e somam-se os elementos em cada linha resultante, posteriormente divide esta soma pelo número de elementos da linha.

### 3 Metodologia

A presente pesquisa classifica-se como básica, segundo natureza, de modo a gerar conhecimentos novos úteis para o avanço da ciência sem aplicação prática prevista (SILVA; MENEZES, 2001). Do ponto de vista da abordagem do problema é classificada como qualitativa, que é definida por Gil (1999) como uma maneira de proporcionar intimidade com o tema estudado, buscando torná-lo explícito para a construção de uma hipótese.

Do ponto de vista de seus objetivos, caracteriza-se como um método exploratório que busca proporcionar maior familiaridade com o problema, de modo a promover maior conhecimento sobre o tema pesquisado, por meio de pesquisas bibliográficas e estudo de caso (GIL, 1996). O trabalho apresenta-se como uma pesquisa experimental, segundo seus procedimentos técnicos, por meio da elaboração de um modelo de análise multicritério, que traduz em pesos os dados e informações coletadas, ponderando assim a definição do local ideal para implantação da usina.

Buscando atingir o objetivo proposto, o presente trabalho está dividido em 3 etapas, sendo elas:

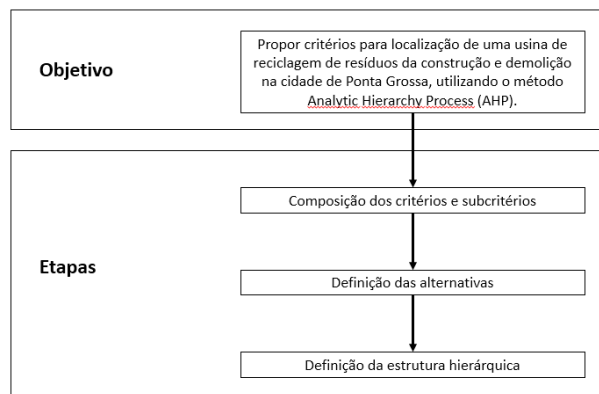


Figura 02: Etapas da metodologia da pesquisa.  
FONTE: A autora.

### 4 Resultados

Primeira etapa: Composição dos critérios e subcritérios

Esta etapa tem como finalidade estabelecer critérios para a seleção do local com potencial para implantação da usina de reciclagem de RCC. Buscando atingir o objetivo geral deste trabalho foram estabelecidos critérios que tivessem como foco o desenvolvimento sustentável, ou seja, a escolha do local que respeitasse os pilares da sustentabilidade para implantação da usina, sendo eles:

Ponta Grossa, Paraná, Brasil – 06 a 08 de junho de 2018

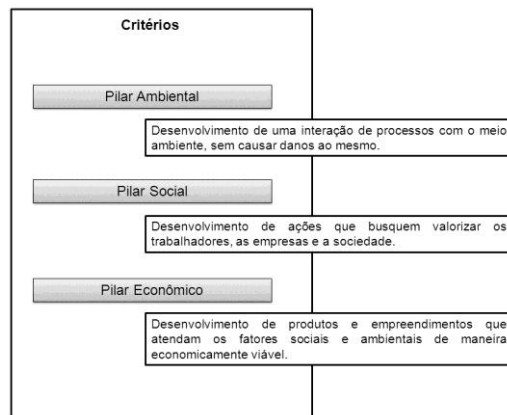


Figura 03: Critérios – Pilares da sustentabilidade  
Fonte: Mahoney e Potter (2004).

Para cada critério, foram elencados subcritérios que buscam especificar os itens a serem levados em consideração no momento de estabelecer a relevância de cada critério. Por sua vez, os subcritérios foram obtidos por meio de levantamento bibliográfico e documental, sendo os de caráter bibliográfico:

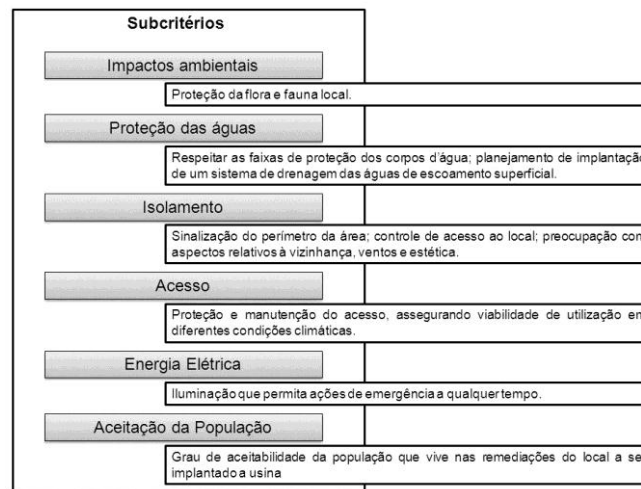


Figura 04: Subcritérios – caráter bibliográfico  
Fonte: ABNT (2004).

Os subcritérios selecionados por meio de levantamento documental foram coletados junto a Secretaria Municipal de Agricultura, Pecuária e Meio Ambiente e dados divulgados pelo IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, são:

Ponta Grossa, Paraná, Brasil – 06 a 08 de junho de 2018

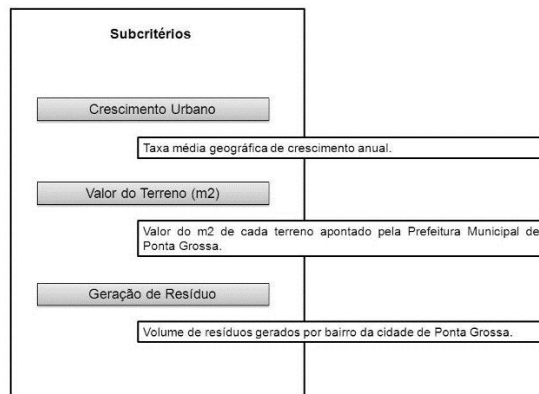


Figura 05: Subcritérios – caráter documental  
Fonte: a autora.

#### Segunda etapa: Definição das alternativas

Nesta etapa, buscou-se identificar potenciais terrenos da prefeitura, que possam ser utilizados para implantação da usina de reciclagem de resíduos de construção civil. Foram selecionados, junto a Secretaria Municipal de Obras e Serviços, quatro terrenos que apresentam os seguintes requisitos:

Alternativa	Bairro	Área total em m <sup>2</sup>	Valor estimado do m <sup>2</sup>
Terreno 1	Boa Vista	7200	R\$ 140,00
Terreno 2	Chapada	5622,24	R\$ 110,00
Terreno 3	Uvaranas	3085,08	R\$ 145,00
Terreno 4	Contorno	3857,92	R\$ 160,00

Quadro 05: Alternativas para implantação  
Fonte: Secretaria Municipal de Obras e Serviços (2011)

#### Terceira etapa: Definição da estrutura hierárquica

Nesta etapa busca-se construir um modelo para definir as melhores alternativas de terrenos, para instalação de usinas de reciclagem de resíduos de construção civil, para atingi-lo foi elaborada uma estrutura hierárquica, composta: objetivo, critérios, subcritérios e alternativas.

Ponta Grossa, Paraná, Brasil – 06 a 08 de junho de 2018

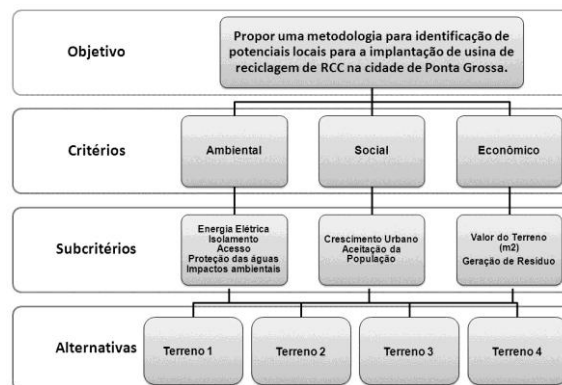


Figura 08: Estrutura hierárquica: dados da pesquisa  
Fonte: a autora.

#### 4 Considerações finais

Com o intuito de propor critérios para localização de uma usina de reciclagem de resíduos da construção e demolição na cidade de Ponta Grossa, utilizando o método Analytic Hierarchy Process (AHP), realizou-se – em um primeiro momento - uma contextualização sobre os temas: sustentabilidade e desenvolvimento sustentável; Resolução do CONAMA; Norma da ABNT e legislação municipal, que impõem critérios de manuseio e destino de resíduos da construção civil, e a implantação de usina pra a reciclagem dos mesmos, buscando embasar a escolha dos critérios e subcritérios que formam o modelo hierárquico, e conseqüentemente, a escolha da melhor alternativa para implantação da usina de reciclagem de RCC.

O modelo de tomada de decisão proposto neste trabalho pode ser adaptada à realidade de diferentes cidades que busquem a melhor alternativa para implantação da usina de reciclagem, respeitando os princípios dos pilares da sustentabilidade.

É importante ressaltar que os critérios, subcritérios e alternativas selecionadas como respostas do modelo desenvolvido neste trabalho, embora representem as preferências atuais dos decisores, é considerada decisão prescritiva, e não normativa. Ou seja, em aplicação futura do modelo, os decisores possuem liberdade para revisar, ou decidir contrariamente as respostas aqui apresentadas. Para melhor aplicação deste modelo, se faz necessário uma análise prévia sobre a realidade em que será aplicado o mesmo.

Sendo assim, conclui-se que o desenvolvimento de uma estrutura hierárquica de decisão utilizando o método AHP permite a transformação de informações essencialmente qualitativas, em informações quantitativas, fornecendo assim, um embasamento numérico que facilita os processos decisórios. Vale ressaltar que a análise multicritério é altamente sensível a variações de julgamentos de valor realizadas pelos decisores, podendo pequenas alterações nos valores da decisão, alterarem completamente os resultados obtidos.

#### REFERÊNCIAS

**ABNT** - Associação Brasileira de Normas Técnicas. ABNT NBR 15114:2004. Resíduos sólidos da construção civil – Áreas de reciclagem – Diretrizes para projeto, implantação e operação. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

Ponta Grossa, Paraná, Brasil – 06 a 08 de junho de 2018

**ABRELPE** - Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. Panorama dos resíduos sólidos no Brasil, 2015. Disponível em: <http://www.abrelpe.org.br/Panorama/panorama2016.pdf> . Acesso em: março de 2018.

**ALLEN, R.** How to save the world. New Jersey: Barnes and Noble; 1980.

**BAUMGARTNER, S.; QUAAS, M. F.**, What is Sustainability Economics? Ecological Economics, Vol. 69, No. 3, p. 445-450, 2010.

**BERCKES, F.; FOLKE, C.** Linking social and ecological systems for resilience and sustainability. Cambridge: Cambridge University Press: p. 1- 25, 1998.

**BITHAS, K. P.; CHRISTOFAKIS, M.** Environmentally sustainable cities: critical review and operational conditions. Sustain Development. 14: 177–89. 2006.

**BRASIL.** *Resolução do CONAMA. N° 307, de 5 de julho de 2002.* Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. Publicação em DOU: 17/07/2002. Brasília, 2002. Disponível em: [http://www.cetesb.sp.gov.br/licenciamentoo/legislacao/federal/resolucoes/2002\\_Res\\_CONAMA\\_307.pdf](http://www.cetesb.sp.gov.br/licenciamentoo/legislacao/federal/resolucoes/2002_Res_CONAMA_307.pdf). Acesso em: maio de 2011.

**CARROL, A.** The pyramid of corporate social responsibility: toward the moral management of organizational stakeholders. Business Horizons, v. 34, n. 4, jul-aug, 1991.

**DAVIS, K.** Can business afford to ignore corporate social responsibilities? California Management Review, v. p. 70-76, 1960.

**ELKINGTON, J.** Canibais com garfo e faca. São Paulo: Makron Books, 2001.

**FAIRLEY, S.** et al. The formula one Australian Grans Prix: Exploring the triple bottom line. Sport Management Review. 141-152. 2011.

**FISCHER, J.; MANNING, A. D.; STEFFEN, W.; ROSE, D. B.; DANIELL, K.; FELTON, A.; GARNETT, S.; GILNA, B.; HEINSOHN, R.; LINDENMAYER, D. B.; MACDONALD, B.; MILLS, F.; REID, J.; ROBIN, L.; SHERREN, K.; WADE, A.** Mind the sustainability gap. Trends in Ecology and Evolution. v. 22, n° 12, 2007.

**GAMBORG, C.; SANDOE, P.** Sustainability in farm animal breeding: a review. Livestock Production Science. v. 92. p. 221-231. 2005.

**GLAVIC, P.; LUKMAN, R.** Review of sustainability terms and their definitions. Journal of cleaner production. 1875-1885. 2007.

**GRAY, R.** Is accounting for sustainability actually accounting for sustainability... and how would we know? An exploration of narratives of organizations and the planet. Accounting, Organizations and Society, v. 35, p. 47-62, 2010.

**HAMMOND, J. S.; KEENEY, R. L.; RAIFFA, H.** Decisões inteligentes: somos movidos a decisões – como avaliar alternativas e tomar a melhor decisão. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004.

**HOLLING, C. S.** Theories for sustainable futures. Ecology and Society. v. 4. n. 2. 2000.

**LEVY, S. M.** Materiais reciclados na construção civil. In: ISAIA, G. C. Materiais de construção civil e princípios de ciência e engenharia de materiais. São Paulo: Ibracon, 2007.

Ponta Grossa, Paraná, Brasil – 06 a 08 de junho de 2018

**MAHONEY, M.; POTTER, J. L.** Integrating health impact assessment into the triple bottom line concept. *Environmental Impact Assessment Review*. 151-160. 2004.

**ONU** – Organização das Nações Unidas. Relatório da comissão mundial sobre meio ambiente e desenvolvimento. *Nosso futuro comum*. 2 ed. São Paulo: FGV, 1991.

**PARRIS, T. M.; KATES, R. W.** Characterizing and measuring sustainable development. *Annual Reviews Environment and Resources*. pp.559-586. 2003.

**QUEL, L. F.** Gestão da qualidade de vida nas organizações: o pilar humano da sustentabilidade em instituições de ensino superior da rede privada. 2010. 411f. Tese (Doutorado em Administração) – Departamento de Administração da Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade da Universidade de São Paulo. São Paulo. 2010.

**SCHUBERT, A.; LANG, I.** The literature aftermath of the Brundtland report our common future: a scientometric study based on citations in science and social science journals. *Environment, Development and Sustainability*, v.7, p. 1-8, 2005.

**TANGUAY, G. A.; RAJAONSON, J.; LEFEBVRE, J. F.; LANOIE, P.** **Measuring** the sustainability of cities: an analysis of the use of local indicators. [Ecological Indicators](#). v. 10, nº. 2, pp. 407-418, mar. 2010.

**VEIGA, J.** O principal desafio do século XXI. *Revista Ciencia e Cultura*, n. 2, p. 4-5, 2005.

---