

CRITÉRIOS PARA LOCALIZAÇÃO DE USINA DE RECICLAGEM DE RESÍDUOS DA CONTRUÇÃO CIVIL, UTILIZANDO O MÉTODO ANALYTIC HIERARCHY PROCESS (AHP)

Mayara Cristina Ghedini da Silva, UTFPR, E-mail: mayara_ghedini@hotmail.com

Nivaldo Pereira da Silva (Mestre em Engenharia de Produção/UTFPR)

João Luiz Kovaleski (Professor do Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção/UTFPR)

João Carlos Colmenero (Professor do Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção/UTFPR)

Resumo: Este trabalho tem como objetivo apresentar critérios que podem apoiar o processo de tomada de decisão na escolha das melhores alternativas de terrenos para a implantação de uma usina de reciclagem de Resíduos da Construção Civil (RCC), na cidade de Ponta Grossa. Para isto, foi desenvolvida uma contextualização sobre: sustentabilidade e desenvolvimento sustentável; Resolução do CONAMA; Norma da ABNT e legislações municipais, que impõem critérios para a implantação de usina para a reciclagem dos mesmos. Buscando responder o objetivo deste trabalho, a metodologia aplicada foi dividida em duas etapas: definição da estrutura hierárquica e aplicação do método *Analytic Hierarchy Process* (AHP). O trabalho apresenta um instrumento multicritério, onde utilizou-se o método AHP como ferramenta útil para a fase preliminar do processo de avaliação dos impactos ambientais, sociais e econômicos, eficazes no processo de tomada de decisão.

Palavras-chave: Resíduos da Construção Civil (RCC); *Analytic Hierarchy Process* (AHP) e impactos ambientais, sociais e econômicos.

CRITERIA FOR LOCATING RECYCLING PLANT FOR CIVIL CONSTRUCTION WASTES, USING THE METHOD ANALYTIC HIERARCHY PROCESS (AHP)

Abstract: This paper aims to present criteria that can support the process of decision making in choosing the best alternative land for the establishment of a recycling plant Civil Construction Wastes, in the city of Ponta Grossa. For this, we developed a contextualization on: sustainability and sustainable development; CONAMA Resolution; ABNT and municipal laws, which impose criteria for the deployment of plant for recycling. Seeking to answer the purpose of this study, the methodology used was divided into two steps: definition of the hierarchical structure and the method *Analytic Hierarchy Process* (AHP). The paper presents a multicriteria tool, where we used the AHP as a useful tool for the preliminary stage to assessing of impacts environmental, social and economic, effective in the process of decision making.

Keywords: Civil Construction Wastes; *Analytic Hierarchy Process* (AHP) and impacts environmental, social and economic.

1. INTRODUÇÃO

A ascensão do setor da construção civil contribui para o aumento do volume de resíduos gerados no país. Segundo a ABRELPE (2010) – Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais – os municípios brasileiros coletaram, no ano de 2010, aproximadamente 31 milhões de toneladas de resíduos da construção civil, o que representa um aumento de 8,7% em relação ao volume gerado em 2009.

A região Sul apresenta-se como a terceira maior geradora de RCC, nos anos estudados. Por sua vez, o volume de resíduos gerados em 2010 – 4.598 milhões de toneladas – representa um aumento de 2,4% em relação a geração de 2009 – 4.489 milhões de toneladas – frente a este crescimento se faz necessário o desenvolvimento de técnicas para o beneficiamento dos mesmos, buscando minimizar a extração de matéria-prima e o descarte de materiais que apresentam condições de uso (ABRELPE, 2010).

A coleta de resíduos da construção civil na cidade é realizada por seis empresas de caçambas, as quais são responsáveis pela coleta e destinação final adequada dos mesmos. O controle dos resíduos descartados fica sob responsabilidade da Secretaria Municipal de Agricultura, Pecuária e Meio Ambiente, que recebe mensalmente as fichas de movimentações das caçambas coletadas, onde são declarados: origem, tipo e volume de resíduos e o local que o mesmo foi descartado. Entretanto, não ocorre nenhuma forma de fiscalização – por parte da Prefeitura Municipal de Ponta Grossa – sobre o que está sendo declarado pelas empresas.

Com a dificuldade de controle e a preocupação com o meio ambiente, a Prefeitura demonstra interesse na implantação de uma usina de reciclagem de RCC, para assim proporcionar o acondicionamento ideal dos resíduos e, um posterior, beneficiamento dos mesmos. O objetivo geral da implantação é utilizar o material beneficiado em suas obras, minimizando impactos ambientais com o descarte incorreto dos resíduos.

Este trabalho tem como objetivo apresentar critérios que podem apoiar o processo de tomada de decisão na escolha das melhores alternativas de terrenos para a instalação de uma usina de reciclagem de RCC, na cidade de Ponta Grossa. Nesta pesquisa elaborou-se um instrumento multicritério, aplicando o método AHP como uma ferramenta útil na fase preliminar de estruturação do processo de avaliação dos impactos ambientais, sociais e econômicos, eficazes no processo de tomada de decisão.

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.

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).

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

2.2.1 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.

2.2.2 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.

2.2.3 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).

2.3 Classificação dos RCC, segundo CONAMA n° 307/02

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 RCC 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)

As classes de resíduos da construção e demolição, seguidos de suas definições, destinações e exemplos de resíduos que formam cada classe apresentada, são ilustradas no Quadro 02:

CLASSE DOS RESÍDUOS	DEFINIÇÃO	DESTINAÇÃO	EXEMPLO DE RESÍDUOS
Classe A	Resíduos recicláveis ou reutilizáveis que podem ser beneficiados e transformados em agregados.	Resíduos recicláveis ou reutilizáveis na forma de agregados, ou encaminhados a aterros específicos da CC, onde devem ser dispostos de modo que possam ser reciclados futuramente.	<ul style="list-style-type: none"> - resíduos de pavimentação e infraestrutura; - resíduos de edificação: componentes cerâmicos, argamassa e concreto; - solos oriundos de terraplanagem; - resíduos do processo de fabricação ou demolição, realizadas em canteiros de obras, de pré-moldados em concreto.
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"> - plástico; - papel/papelão; - metais; - vidros; - madeiras.
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"> - produtos oriundos do gesso.
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"> - tintas; - solventes; - óleos; - materiais que contenham amianto; - resíduos contaminados e que causem riscos a saúde.

Quadro 02: Classes de RCC

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

O Art. 4° 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 15.114, 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.

A Norma ABNT NBR 15.114 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"> - sinalização do perímetro da área em operação, construído com o objetivo de impedir o acesso de pessoas não cadastradas e animais; - estabelecimento de uma forma de controle de acesso ao local; - sinalizações que identifiquem o empreendimento; - preocupação com aspectos relativos à vizinhança, ventos e estética.
Acessos	<ul style="list-style-type: none"> - devem ser protegidos e mantidos em condições de utilização para diferentes variações climáticas.
Iluminação e energia	<ul style="list-style-type: none"> - a área deve dispor de iluminação que permita ações de emergência a qualquer tempo.
Proteção das águas superficiais	<ul style="list-style-type: none"> - respeitar as faixas de proteção dos corpos d'água superficiais; - previsão de um sistema de drenagem das águas de escoamento superficial na área de reciclagem.
Preparo da área de operação	<ul style="list-style-type: none"> - área de operação deve ter sua superfície regularizada; - determinar local específico para armazenamento temporário de resíduos não recicláveis; - área coberta para armazenamento temporário de resíduos da Classe D.

Quadro 03: Condições e critérios para implantação de usina de reciclagem RCC

Fonte: Norma ABNT NBR 15.114

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 15.114).

2.4 Legislação Municipal

O Decreto nº 1.111, de 17 de agosto de 2006 aprova um plano integrador de gerenciamento de RCC do município de Ponta Grossa. Tendo como objetivo é estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil na cidade de Ponta Grossa, buscando desenvolver uma padronização das ações que visam minimizar os impactos ambientais (PONTA GROSSA, 2007).

O Quadro 04 apresenta as classes de resíduos e suas definições de acordo com o Decreto Municipal nº 1.111:

CLASSE DOS RESÍDUOS	DESTINAÇÃO
Classe A	- os resíduos devem ser encaminhados a áreas de transbordo e triagem, aterros de resíduos da construção civil ou centrais de produção de agregados; - para o transporte dos resíduos, o transportador deve preencher um formulário de Controle de Transporte e Resíduos (CTR), que oferece informações sobre o gerador, origem, quantidade e descrição dos resíduos e seu destino, de acordo com a ABNT NBR 15.113; - geradores de volumes abaixo de 1m ³ , devem encaminhar os resíduos previamente segregados, para pontos de entrega voluntária.
Classe B	- os resíduos deverão ser segregados e enviados a reciclagem, por meio de parcerias com terceiros ou venda; - os que não podem ser reciclados, devem ser acondicionados e alocados em local seguro a espera da coleta seletiva regular do município.
Classe C	- os resíduos de gesso, deverão ser encaminhados a revendedores para posterior reciclagem ou destinação final adequada; - outros resíduos deverão ser acondicionados em recipientes específicos, e deixados na frente da obra a espera da coleta regular do município.
Classe D	- embalagens contendo resíduos perigosos, e os próprios resíduos perigosos, deverão ser entregues pelos usuários aos estabelecimentos que as comercializaram ou à assistências técnicas autorizadas pelas indústrias, que ficam responsáveis pelo repasse do material aos fabricantes ou importadores.

Quadro 04: Classes e definições de RCC

Fonte: Decreto Municipal nº 1.111/06 (PONTA GROSSA, 2007).

Segundo o Decreto 1.111/06 a vantagem do desenvolvimento de um programa de gerenciamento de resíduos sólidos para a construção civil é estimular a realização dos princípios de 4Rs (repensar, reduzir, reciclar e reaproveitar), focando a produção de novos produtos oriundos de resíduos da construção, implicando na segregação dos resíduos junto a fonte geradora (PONTA GROSSA, 2007).

Consta na legislação a responsabilidade do transportador de fornecer o CTR ao operarem caçambas, identificando a destinação que foi oferecida aos resíduos coletados. Estes dados deverão ser entregues, em forma de relatório mensal, ao órgão ambiental do município.

3 METODOLOGIA

A presente pesquisa classifica-se como aplicada, segundo natureza, de modo a garantir conhecimentos para aplicação prática, focando na solução de problemas específicos (SILVA E MENEZES, 2001). A forma da abordagem do problema é quantitativa, buscando traduzir em números opiniões e informações para classifica-las e analisa-las (GIL, 1996).

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 aplicação 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.

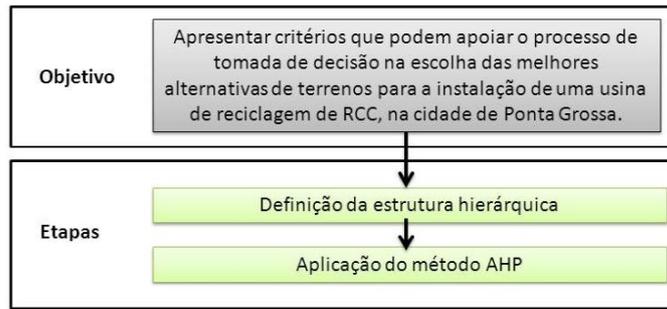


Figura 02: Etapas da metodologia da pesquisa.
FONTE: A autora.

4 RESULTADOS

Segundo os dados divulgados pelo IBGE, no Censo 2010, o estado do Paraná apresenta uma taxa média geográfica de crescimento anual de 0,88%, esta taxa é calculada para o período de 2000 – 2010 e considera a população de 2010. Por sua vez, a taxa de crescimento anual estimada para o estado apresenta-se maior que a estimada para a região Sul do país, que é de 0,87%.

A população da cidade de Ponta Grossa é composta por 311.697 habitantes, sendo 49% homens e 51% mulheres. Do total da população 304.841 habitantes vivem na área urbana, o que representa 97,8% do total.

A quantidade de resíduos gerados na cidade de Ponta Grossa foram coletados por meio de levantamento e tabulação dos dados disponíveis nas fichas de Controle de Transporte de Resíduos, de acordo com a ABNT NBR 15114:2004.

Foram tabulados um total de 3396 fichas de movimentação de caçambas, no período de março de 2009 a janeiro de 2011, onde foram coletados dados referentes a: período; bairro de origem; descrição do material predominante – que são: capim; concreto; galhos de podas; madeira; terra e volumosos (plástico, papel e papelão). O Gráfico 1, apresenta a porcentagem do volume total de resíduos gerados nos bairros da cidade de Ponta Grossa, nos anos de 2009, 2010 e 2011.

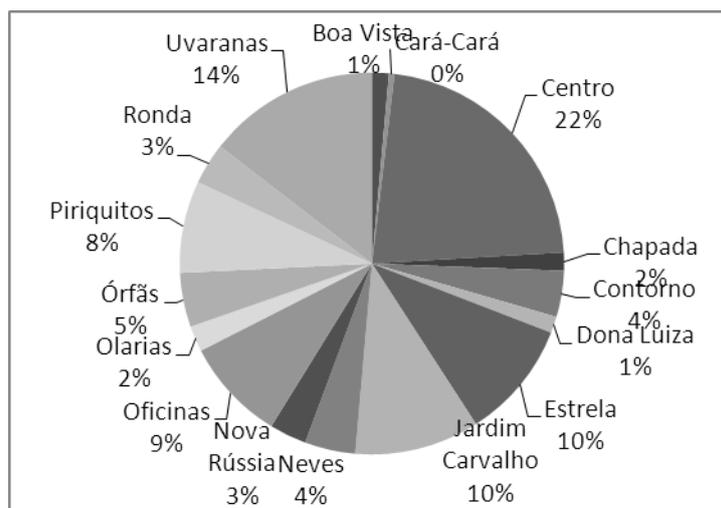


Gráfico 01: Volume total de resíduos por bairro.
Fonte: a autora.

O Gráfico 01 apresenta o bairro Centro como maior gerador de resíduos do período estudado, responsável por 22% do volume total de resíduos gerados, o que representa um volume de 3495m³. O bairro de Uvaranas apresenta-se como o segundo maior gerador de resíduos, representando 14% do total, o que é caracterizado por um volume de 2282m³ de resíduos.

O Gráfico 02, apresenta a porcentagem do volume total por resíduo declarado nas fichas de controle de transporte de resíduos no período coletado.

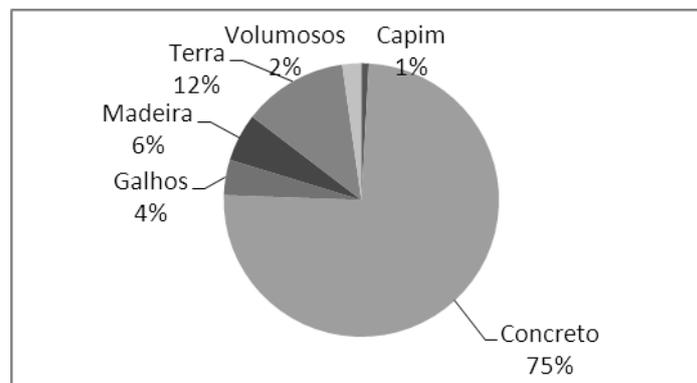


Gráfico 02: Volume total por resíduos.

Fonte: a autora.

Observa-se no Gráfico 02, que o resíduo de concreto apresenta-se como o maior volume de resíduos gerados na cidade de Ponta Grossa, o mesmo representa, aproximadamente, 75% do total de resíduos gerados na cidade, o que corresponde a 11765m³ de resíduos – anexo 5. A média de geração de resíduos nos 9 meses coletados em 2009, apresenta um volume mensal de 516m³ de resíduos – anexo 5. Já a média gerada em 2010, refere-se a 12 meses de dados coletados, representa um aumento de 8,5% no volume total de resíduos gerados.

O resíduo de terra apresenta-se como o segundo maior volume de resíduos descartados na cidade de Ponta Grossa, sendo responsável por 12% do total de descartado no período pesquisado. Nos anos de 2009 e 2010, a média de geração de resíduos é de aproximadamente 84m³ e 88m³, respectivamente, o mês de janeiro de 2011 apresenta um aumento de aproximadamente 48% em relação ao volume médio de resíduos gerados em 2010.

Como alternativas para implantação da usina de reciclagem de resíduos da construção civil, foram selecionados – junto a Secretaria Municipal de Obras e Serviços - quatro terrenos que apresentam os seguintes requisitos:

Alternativa 1: Área do terreno 1 localizado no bairro Boa Vista, de propriedade da Prefeitura Municipal de Ponta Grossa, medindo 60m de frente para a Rua Fábio Fanucchi; do lado direito 120m para a Rua Padre Rafael Romão; do lado esquerdo 120m para a Rua João Jordão Chaves; e 60m de fundo para a Rua Margarida. Com área total de 7200m² e valor estimado de R\$ 140,00 m².

- **Alternativa 2:** Área do terreno 2 situado no bairro Chapada, de propriedade da Prefeitura Municipal de Ponta Grossa, medindo 53m de frente para a Rua João Donatilio Correia Ferreira; do lado direito 106,08m para a Rua Sebastião; do lado esquerdo 106,08m para a Rua sem denominação; e 53m de fundo para a Rua sem denominação. Com área total de 5622,24m² e valor estimado de R\$ 110,00 m².

- **Alternativa 3:** Área do terreno 3 localizado no bairro Uvaranas, de propriedade da Prefeitura Municipal de Ponta Grossa, medindo 22,33m de frente para a Rua I; do lado direito 88m para a Rua sem denominação; do lado esquerdo 100m para a Rua sem denominação; e 43,33m de fundo para a Rua sem denominação. Com área total de 3085,08m² e valor estimado de R\$ 145,00 m².
- **Alternativa 4:** Área do terreno 4 localizado no bairro Contorno, de propriedade da Prefeitura Municipal de Ponta Grossa, medindo 4384m de frente para a Rua Prefeito Albary Guimarães; do lado direito 88m para a Rua José Alberto Caos; do lado esquerdo 88m para a Rua sem denominação; e 43,84m de fundo para a Rua sem denominação. Com área total de 3857,92m² e valor estimado de R\$ 160,00 m².

4.1 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 – como apresentado na Figura 03.



Figura 03: Estrutura hierárquica: dados da pesquisa

Fonte: a autora.

4.2 Aplicação do método AHP

Esta etapa tem como objetivo mapear possíveis locais para implantação de uma usina de reciclagem de RCC. Para atingir o objetivo proposto, os dados coletados junto aos decisores foram aplicados, separadamente, no *software Expert Choice 11.5*. Na sequência, realizou-se a combinação das respostas dos decisores, apresentando assim as melhores alternativas entre critérios, subcritérios e alternativas elencadas neste trabalho.

4.3 Combinação dos dados

No momento da determinação dos pesos para cada item analisado, podem ocorrer inconsistências nas respostas, porém Saaty (1993) afirma que um fator de inconsistência considerado aceitável deve apresentar uma Razão de Consistência (RC) menor ou igual a 0,10.

A Figura 04 apresenta a preferencia dos decisores frente cada critério elencado no modelo. As respostas dos decisores apresentam uma RC dentro do índice considerado aceitável por Saaty, como apresentado a seguir:

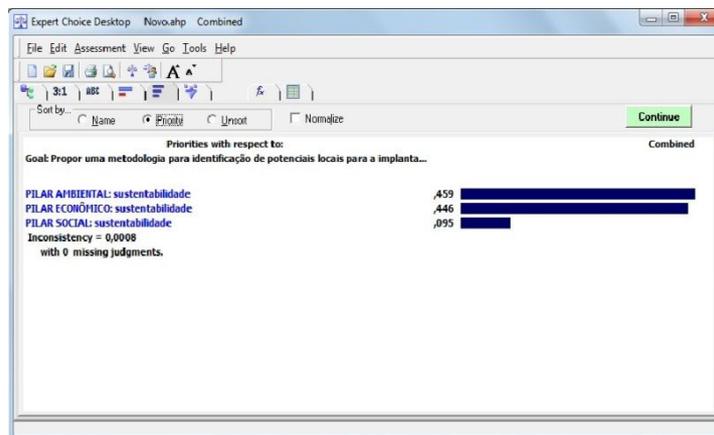


Figura 04: Razão de Consistência

Fonte: a autora.

Observa-se que os pesos dados pelos decisores apresentam uma RC de 0,0008, considerando assim, que os resultados obtidos pela combinação das respostas possuem uma pequena variação nos pesos recebidos.

O gráfico de sensibilidade dinâmica apresentado na Figura 05, representa o peso médio de cada critério, baseado nos dados fornecidos pelos decisores frente cada critério, subcritério e alternativas.

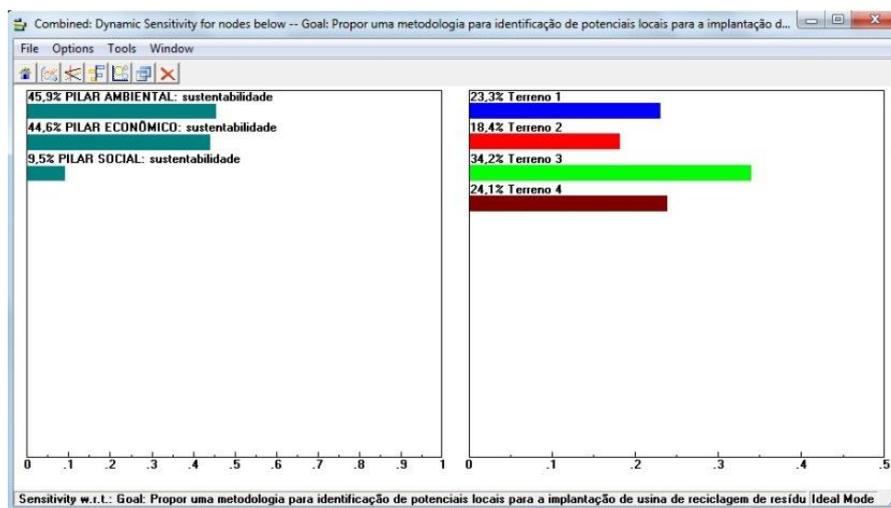


Figura 05: Sensibilidade Dinâmica

Fonte: a autora.

Com a combinação dos dados, observa-se a proximidade dos pesos obtidos pelos Pilares Ambiental e Econômico, sendo 45,9% e 44,6%, respectivamente. Deste modo, identifica-se a preocupação dos decisores em satisfazer a necessidade da implantação da usina na cidade de Ponta Grossa, buscando gerar pequenos impactos ambientais durante seu processo de implantação e beneficiamento de resíduos, e priorizando a escolha de terrenos economicamente viáveis, onde a melhor alternativa não deve prejudicar negociações futuras de implantação de outros órgãos públicos no local.

Os dados de análise de performance facilitam a identificação das alternativas que apresentam pesos abaixo da média estimada pelos decisores para cada subcritério, representando assim pontos de vulnerabilidade.

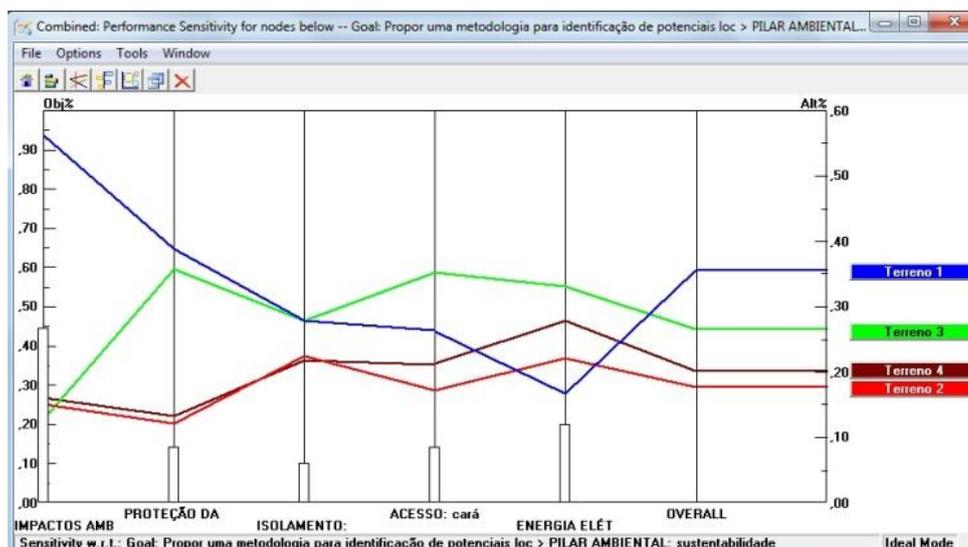


Figura 06: Análise da Performance – Pilar Ambiental
 Fonte: a autora.

A Figura 06 apresenta a análise de performance de cada alternativa frente os subcritérios que compõem o critério Pilar Ambiental. Para os decisores, o subcritério Impacto Ambiental apresenta maior relevância frente aos demais, sendo este responsável pela proteção da flora e fauna local. O Terreno 1 apresenta-se como a melhor alternativa sob a ótica do Pilar Ambiental.

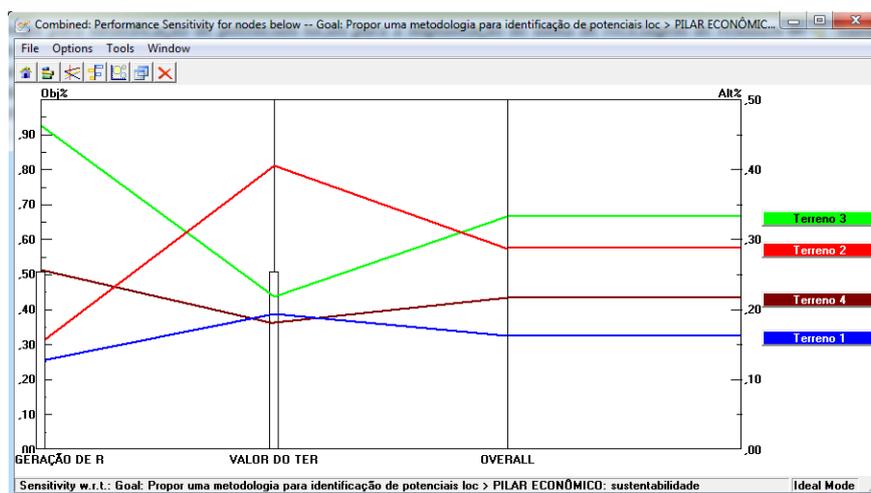


Figura 07: Análise da Performance – Pilar Econômico
 Fonte: a autora.

A Figura 07 apresenta a análise de performance do critério Pilar Econômico em relação a seus subcritérios e alternativas. Neste critério seus subcritérios apresentam pesos similares, de modo que, a escolha do Terreno 3 como a melhor alternativa ocorreu devido ao volume de resíduos gerados na região analisada.

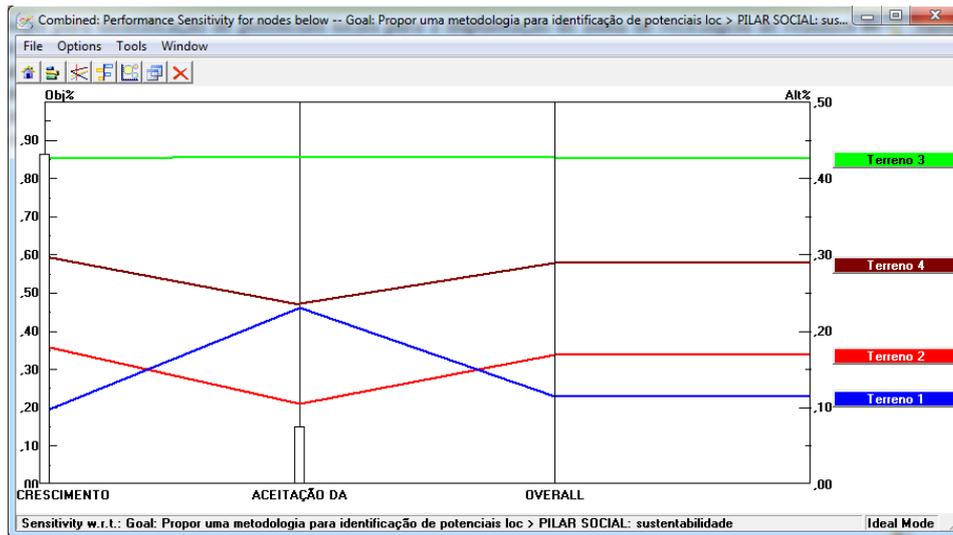


Figura 08: Análise da Performance – Pilar Social

Fonte: a autora.

Na Figura 08, observa-se a análise de performance do critério Pilar Social frente aos subcritérios e alternativas. Segundo os decisores, o Terreno 3 apresenta-se como a melhor alternativa por representar a região com elevada geração de resíduos, como demonstrado pelo Pilar Econômico.

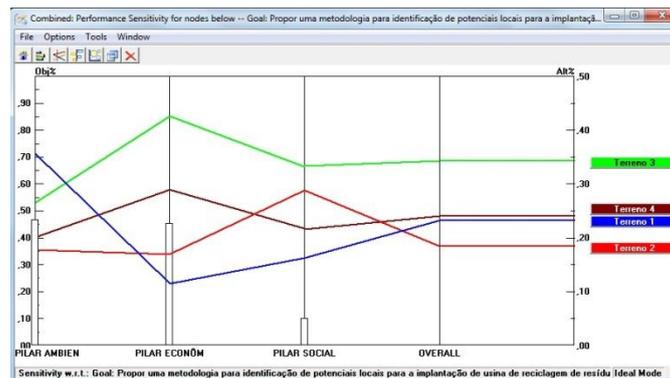


Figura 09: Análise da Performance

Fonte: a autora.

A Figura 09 apresenta a análise de performance de alternativas em relação aos critérios apresentados neste trabalho. Da combinação dos dados apresentados nas Figuras 06, 07 e 08, determinou-se o Terreno 3 como a melhor alternativa para a implantação da usina de reciclagem de RCC, segundo os critérios e subcritérios levantados neste trabalho.

5 CONCLUSÕES

Com o intuito de apresentar critérios que podem apoiar o processo de tomada de decisão na escolha das melhores alternativas de terrenos para a instalação de uma usina de reciclagem de RCC, na cidade de Ponta Grossa, foi desenvolvida uma estrutura hierárquica que 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.

O método AHP permitiu transformar informações essencialmente qualitativas, em informações quantitativas, permitindo a elaboração de uma estrutura hierárquica de modo a facilitar os processos decisórios. Entretanto, 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.

Conclui-se com este trabalho, que a implantação de uma usina de reciclagem de RCC na cidade de Ponta Grossa, traria notórios benefícios ambientais, econômicos e sociais, tais como: o aumento da vida útil dos aterros sanitários; a diminuição da extração de matéria-prima devido a aplicabilidade do processo logístico reverso nos resíduos; a diminuição da poluição visual do descarte ou coleta incorreta destes resíduos; o aumento no número de empregos e a diminuição da poluição visual.

AGRADECIMENTO

Agradecemos à CAPES pelo apoio financeiro para a realização da pesquisas.

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.

ABRELPE - Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil**, 2010. Disponível em: http://www.abrelpe.org.br/panorama_apresentacao.cfm. Acesso em: dezembro de 2011.

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/licenciamento/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.

GIL, A. C. **Como elaborar Projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 1996.

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

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

HACKING, T; GUTHRIE, P. A framework for clarifying the meaning of triple bottom line, Integrated, and Sustainability Assosment. **Environmental Impact Assessment Review**. 73 – 89. 2003.

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

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.

PONTA GROSSA. **Decreto Municipal nº 1.111**, de 17 de agosto de 2006. Aprova o plano integrado de gerenciamento de resíduos da construção civil do município de Ponta Grossa. Publicação em DOU: 29/05/2007. Ponta Grossa, 2007. Disponível em: <http://www.leismunicipais.com.br/cgi-local/forpgs/showinglaw.pl>. Acesso em: agosto de 2011.

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.

SILVA, E. L. da; MENEZES, E. M. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação**. 3. ed. Florianópolis: Laboratório de Ensino à Distância da Universidade Federal de Santa Catarina, 2001.

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, n°. 2, pp. 407-418, mar. 2010.

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